

Ordre...../F.S.S.A/UAMOB/2021

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département : Génie Electrique

Mémoire de fin d'étude

Présenté par :
BAY Nadjib Ellah
et
BADJI Farid

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : ELECTROTECHNIQUE
Option : Réseaux Electriques

Thème :

**Localisation des Défauts dans les Réseaux Electriques
par une Méthode Intelligente**

Devant le jury composé de :

Mme. BEN SMAILE Samia	MAA	UAMOB	Président
M.TOUAFEK Mohamed Yaakoub	MAA	UAMOB	Encadreur
Mr.MOUASSA Souhil	MCB	UAMOB	Examineur

Année Universitaire 2020/2021

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,
ma sœur et mes frères, pour leurs appuis et leurs encouragements,*

Mon binôme Badji Farid

Mes amis surtout Charaf, Oualid et Azzeddine.

-Nadjib

*Je dédie ce modeste travail à l'âme de mon père, à ma mère, mes sœurs et
mes frères*

Mon binôme Bay Nadjib Ellah

Mes amis surtout Khair-Eddine et Omar.

-Farid

Remerciements

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous tenons à remercier ALLAH pour nous avoir donné la force et la patience de compléter ce travail.

Nous remercions aussi notre encadrent « Touafek Mohamed Yaakoub », les membres de jury, et toutes les personnes qui nous ont aidés tout au long de la réalisation de ce travail.

Remerciements

- **Résumé**

Les réseaux de neurones artificiels (RNA) constituent un outil de l'intelligence artificielle. Ils offrent des solutions très performantes pour le diagnostic des procédés industriels. Ces réseaux se manifestent sous forme de plusieurs architectures. L'application de chacune de ces architectures présente des points forts et des points faibles.

Dans la présente étude, on a utilisé le réseau de neurone artificiel pour localiser les défauts qui peuvent survenir au niveau des lignes de transports.

Le logiciel MATLAB a été utilisé pour la simulation qu'on a élaborée dans ce travail.

Mots-clés: Réseaux de neurones artificiels, Intelligence artificielle, Lignes de transports.

- **Abstract**

Artificial neural networks (ANR) are a tool of artificial intelligence. They offer high-performance solutions for the diagnosis of industrial processes. These networks are manifested in the form of several architectures. The application of each of these architectures has strengths and weaknesses.

In this study, the artificial neuron network was used to locate defects that may occur on transportation lines.

The MATLAB software was used for the simulation developed in this work.

Key words: Artificial neural networks, Artificial intelligence, Transportation lines.

- **ملخص**

تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية أداة من أدوات الذكاء الاصطناعي. وهي تقدم حلاً عالية الأداء لتشخيص العمليات الصناعية. وتتجلى هذه الشبكات في شكل عدة هياكل. التطبيقات المنفذة على كل من هذه الهياكل تنطوي على نقاط قوة وضعف.

في هذه الدراسة، استخدمت الشبكة العصبية الاصطناعية لتحديد العيوب التي قد تحدث على خطوط النقل.

وقد استخدم برنامج MATLAB للمحاكاة التي طورت في هذا العمل.

الكلمات المفتاحية: الشبكات العصبية الاصطناعية، الذكاء الاصطناعي، خطوط النقل.

Table des Matières

Remerciements	I
Résumé	II
Table des Matières	III
Liste des Figures.....	IV
Liste des Tableaux.....	V
Listes des Acronymes et Symboles	V
Introductions Générale.....	1

Chapitre 1 : Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques

1.1	Introduction	2
1.2	Les type de réseaux électrique.....	2
1.2.1	La production d'énergie électrique	3
1.2.2	Le transport et la répartition	4
1.2.3	Distribution.....	5
1.2.4	Les charges	6
1.3	Défauts dans les lignes de transport	7
1.3.1	Définition	7
1.3.2	Les origines des défauts	7
1.3.3	Les types des défauts de réseaux	8
1.3.4	Caractéristiques des défauts	8
1.3.5	Conséquence des défauts.....	9
1.3.5.1	Le court-circuit	9
1.3.5.2	Surcharge	9
1.3.5.3	Les épidémies	9
1.3.5.4	Le déséquilibre	9
1.3.6	Effet des défauts	9
1.3.6.1	Le bon fonctionnement du réseau.....	9
1.3.6.2	La tenue diélectrique des matériels	9
1.3.6.3	La qualité de la tension	10
1.3.6.4	Les circuits de télécommunication	10
1.3.6.5	La sécurité des personnes	10
1.4	Mesure et Protection des réseaux électriques	10
1.4.1	Définition	11
1.4.2	Eléments constitutifs d'un système de protection	11

Table des Matières

1.4.3	Qualités fondamentales d'une protection électrique	12
1.5	Détection, classification et localisation des défauts	12
1.5.1	La détection du défaut	13
1.5.1.1	Les méthodes de détection des défauts.....	13
1.5.2	La classification des défauts.....	14
1.5.2.1	Les méthodes d'apprentissage.....	14
1.5.2.1.1	L'apprentissage supervisé.....	14
1.5.2.1.2	L'apprentissage non-supervisé.....	15
1.5.2.1.3	Algorithmes intelligents.....	15
1.5.3	Méthodes de localisation du défaut.....	15
1.5.3.1	Utilisation des phraseurs.....	16
1.5.3.1.1	Localisations de défaut dans les lignes de transport en utilisant les données d'une seule extrémité de la ligne	16
1.5.3.1.2	Localisations de défaut en utilisant les données de deux extrémités de la ligne.....	20
1.6	Conclusion.....	20
Chapitre 2 : Les méthodes de localisation des défauts dans les lignes de transport		
2.1	Introduction	21
2.2	Unité de Mesure de Phaseur (PMU).....	21
2.2.1	Définition	21
2.2.2	La technique de mesure des PMU.....	22
2.2.3	Phaseurs Concentrateur de données (PDC).....	24
2.2.4	Réseau de communication et placement des PMU	25
2.3	Application des PMU	26
2.3.1	Détection et contrôle de l'instabilité	26
2.3.2	Protection des réseaux électriques.....	27
2.3.3	Estimation d'état	27
2.4	GPS (Global Position System)	27
2.5	Les réseaux de neurones artificiels.....	28
2.5.1	Définition	28
2.5.2	Définition	28
2.5.3	Réseaux de neurones	28
2.5.3.1	Neurone formel.....	28
2.5.3.2	Réseaux non bouclés	29
2.5.3.3	Réseaux bouclés	31
2.6	Apprentissage dans les réseaux de neurones	32

Table des Matières

2.7	PMU Vs RNA.....	33
2.8	Conclusion	33
Chapitre 3: Résultats et discussions		
3.1	Introduction	34
3.2	Réseau de neurones non bouclé (Feed-forward)	34
3.2.1	Définition	34
3.2.2	Les réseaux Feed-forward	34
3.2.2.1	Le perceptron monocouche :	34
3.2.2.2	Le perceptron multicouche (PMC):.....	35
3.3	Organigramme de travail	36
3.3.1	Simulation sous Matlab	37
3.3.2	Créations des défauts.....	37
3.3.2.1	Court-circuit triphasé.....	37
3.3.2.2	Court-circuit biphasé	38
3.3.2.3	Court-circuit monophasé	39
3.3.3	Application	39
3.4	Résultats et discussion	42
3.4.1	Court-circuit triphasé.....	42
3.4.2	Court-circuit biphasé	42
3.4.3	Court-circuit monophasé	42
3.5	Comparaison et interprétations	42
3.5.1	Court-circuit triphasé.....	42
3.5.2	Court-circuit biphasé	43
3.5.3	Court-circuit monophasé	43
3.6	Conclusion	43
Conclusion Générale et Paspactivement.....44		
Références.....45		
Annexe.....48		

Liste des Figures

Figure 1. 1: Schéma de principe d'un réseau d'énergie électrique.	3
Figure 1. 2: Exemple de courbe journalière de la charge.	7
Figure 1. 3: Différents types de court-circuit.	8
Figure 1. 4: Schéma fonctionnel d'une protection électrique.	11
Figure 1. 5: Organigramme de détection, classification et localisation des défauts.	13
Figure 1. 6: Ligne en défaut à une distance m de la source 'GS'.	16
Figure 1. 7: Schéma équivalent d'une ligne en défaut.	17
Figure 1. 8: Schéma de la ligne de transport en défaut.	20
Figure 2. 1: Unité de mesure de phaseur (PMU).	21
Figure 2. 2: Représentation générale d'un PMU.	22
Figure 2. 3: Forme d'onde sinusoïdale et sa représentation de phaseur.	22
Figure 2. 4: Les signaux reçus par PMU.	24
Figure 2. 5: Phaseur Concentrateur de données (PDC).	25
Figure 2. 6: Diagramme conceptuel d'un système de mesures de phaseurs synchronisées. ...	26
Figure 2. 7: Modèle de base d'un neurone formel.	29
Figure 2. 8: Perceptron à une couche cachée.	30
Figure 2. 9: Réseaux de neurones récurrents.	32
Figure 3. 1: Perceptron monocouche.	35
Figure 3. 2: Perceptron multicouche.	36
Figure 3. 3: L'organigramme de travail.	37
Figure 3. 4: programme sur MATLAB.	40
Figure 3. 5: Bloc de réseau de neurone.	40
Figure 3. 6: Bloc de création de réseau « Feed Forward »	41
Figure 3. 7: Les opérations de calcul.	41

Liste des Tableaux

Tableau 2. 1: Comparaison entre PMU et RNA	33
Tableau 3. 1: Création des défauts triphasés.....	38
Tableau 3. 2: Création des défauts biphasés.	38
Tableau 3. 3: Création des défauts monophasés.	39
Tableau 3. 4: Résultat de défaut triphasé.	42
Tableau 3. 5: Résultat de défaut biphasé.	42
Tableau 3. 6: Résultat de défaut monophasé.	42
Tableau 3. 7: La différence entre les résultats de défaut triphasé.....	43
Tableau 3. 8: La différence entre les résultats de défaut biphasé.	43
Tableau 3. 9: La différence entre les résultats de défaut monophasé.....	43

Listes des Acronymes et Symboles

Acronymes

THT	Très Haute Tension.
HT	Haute Tension .
MT	Moyenne Tension .
BT	Base tension.
WAMS	Wide Area Management Systèmes.
PMU	Phasor measurement unit .
GPS	Global Positionning system of Satellite.
PDC	Phaseurs Concentrateur de données.
UTC	Universal temps coordonné.
RMS	Root Mean Square.
RNA	Réseau Neurone Artificielle.
LF	Logique Floue.
JB	Jeu de barre.
RNFF	Réseau de neurone <i>Feed Forward</i> .
nntool	<i>Neural Network Tool</i> .

Symboles

GS	Sources de tension (V).
GR	Sources de tension(V).
V_s	La tension à l'entrée de la ligne (V).
I_s	Le courant à l'entrée de la ligne (A).
V_r	La tension à la sortie de la ligne (V).
I_r	Le courant à la sortie de la ligne (A).
R_f	La résistance du défaut (Ω).
I_f	Le courant du défaut (A).
Z_L	L'impédance totale de la ligne entre le jeu de barre S et R (Ω).
m	Distance du défaut (m).
Z_s et Z_r	Impédances respective des sources « GS » et « GR » (Ω).
Z_{FS}	Impédance de la boucle en défaut vue de S (Ω).

Listes des Acronymes et Symboles

I_S	Le courant à la source GS après le défaut (A).
I_L	Le courant à la source GS avant le défaut (A).
ds	Le facteur de distribution de courant.
I_m	Le courant à distance du défaut (A).
V_{Sa}	La tension à la ligne a (V).
I_{Sa}	Le courant à la ligne a (A).
V_{Sab}	La tension entre la ligne a-b (V).
Z_{1l}	L'impédance à la ligne 1 (Ω).
ΔIS^*	Le conjugué complexe (A).
S et R	Jeux de barres.
$T.C$	Transformateur de courant.
$T.T$	Transformateur de tension .
δ_1	L'angle de phase 1($^\circ$).
δ_2	L'angle de phase 2($^\circ$).
φ	L'angle de phase($^\circ$).
V_1	La tension (V).
V_2	La tension (V).
X_r et X_i	Les parties réelles et imaginaires de la valeur complexe.
X_m	L'amplitude.
f	La fréquence (Hz).
pu	Per unit.
S base	Puissance apparente de base (VA).
V base	Tension de base(V).

Introduction Générale

Introduction Générale

Introduction générale

Les lignes de transport d'énergie électrique constituent une partie essentielle d'un réseau électrique, exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Ces derniers permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs dans le but d'assurer la continuité de l'alimentation des consommateurs en électricité [1].

Cependant, ces lignes de transport sont soumises à plusieurs perturbations (des défauts polyphasés ou monophasés) dues à des phénomènes différents qui peuvent interrompre le service, et engendrer des pertes financières importantes pour les industriels et des désagréments pour les simples consommateurs [1].

La majorité des défauts sont dus à des courts-circuits causés souvent par les foudres, les pluies ou les surtensions créées par l'ouverture et la fermeture des disjoncteurs, ces courts-circuits pouvant être permanents, voilà pourquoi lors de l'occurrence de ces défauts, les exploitants doivent avoir connaissance de l'existence du défaut, l'identifier, l'isoler et le réparer le plus rapidement possible pour réalimenter les clients. Ces actions constituent la détection et la localisation de défaut dans les réseaux électriques [2].

Pour réaliser la détection et la localisation des défauts dans les réseaux de distribution, on a utilisé la méthode de réseau de neurones artificiels (RNA) de type *Feed Forward*.

Organisation de l'étude

Ce mémoire est divisé en deux parties :

- Partie théorique.
- Partie Pratique.

La première partie (théorique) qui contient les deux premiers chapitres, elle concerne l'aspect bibliographique de l'étude ; avec

- **Chapitre 1: Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques** qui présente le contexte de la recherche qui porte sur la détection et la localisation des défauts dans les réseaux de distribution HTA. Pour cela, nous allons aborder l'architecture, l'exploitation et l'évolution des réseaux HT. Les types et les méthodes de détection et localisation des défauts sont également présentés.
- **Chapitre 2: Les méthodes de localisation des défauts dans les lignes de transports** qui contient une description générale sur les deux méthodes (PMU et RNA).

La deuxième partie (pratique) qui contient le dernier chapitre et concerne l'aspect pratique de cette étude ; avec

- **Chapitre 3: Résultats et discussions** où on a fait une simulation sur un réseau électrique et on a présentés la méthode de (RNA) de type « *Feed Forward* ».

Chapitre 1 :
**Généralités sur les défauts et
les protections dans les
réseaux électriques**

Chapitre 1 Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques

1.1 Introduction

L'énergie électrique est la forme d'énergie la plus répandue au monde. Elle est facilement transportable à un rendement élevé et un coût raisonnable.

Par ailleurs, un réseau électrique est un ensemble d'outils destiné à produire, transporter, distribuer l'énergie électrique et veiller sur sa qualité dans le cadre de la continuité du service et la qualité de la tension.

Cependant, les défauts enregistrés dans les lignes de transport, à l'instar des courts circuits, perturbent le fonctionnement du réseau électrique si bien qu'un moyen de protection qui assure la sélectivité, l'isolation ou l'élimination de la zone défaillante s'impose.

Pour parvenir à ce résultat, il est primordial d'identifier les défauts qui affectent les réseaux électriques et adopter une démarche à suivre pour y remédier.

1.2 Les type de réseaux électrique

Un réseau d'énergie électrique est aujourd'hui un ensemble de circuits complexes interconnectés comme le montre le schéma de principe de la figure 1.1 [1].

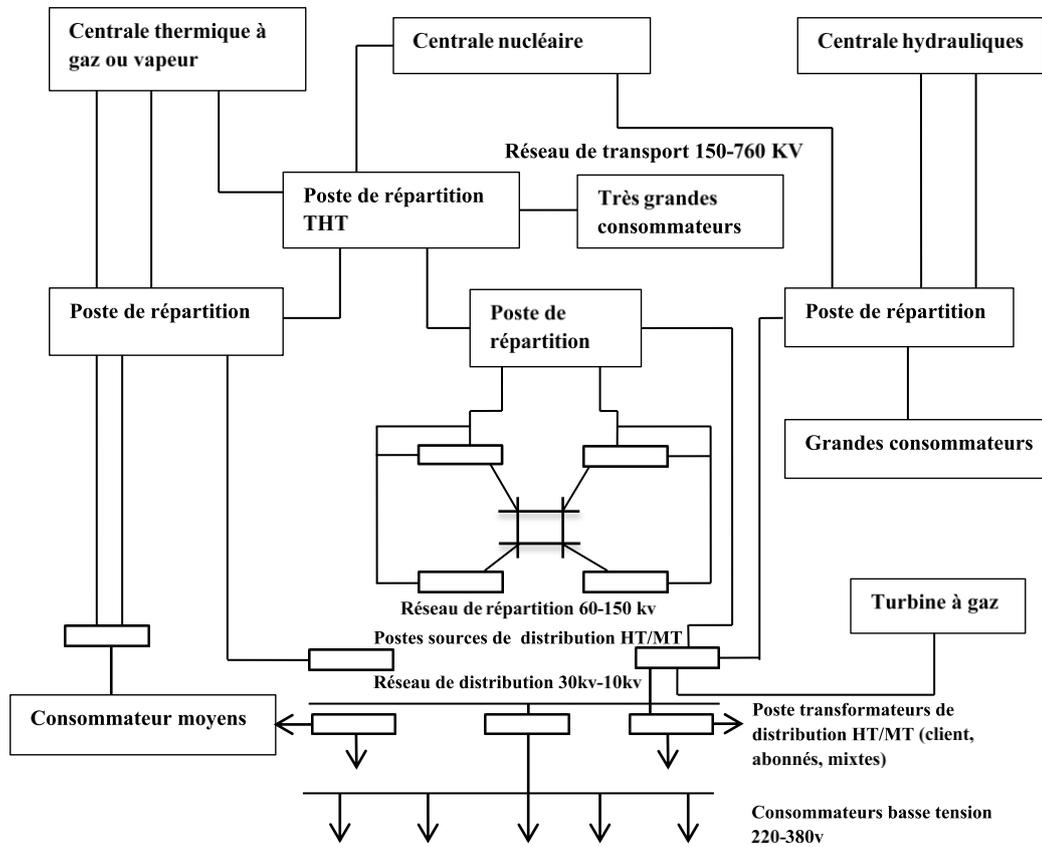


Figure 1. 1: Schéma de principe d'un réseau d'énergie électrique.

Le réseau électrique peut être subdivisé en quatre parties essentielles [1] :

- La production d'énergie électrique.
- Le transport et la répartition.
- La distribution.
- Les charges.

1.2.1 La production d'énergie électrique

Quand elle n'est pas d'origine chimique (batteries et accumulateurs), ou photovoltaïque (énergie solaire), l'électricité "industrielle" est toujours produite selon le même principe, la transformation d'une énergie mécanique en énergie électrique, provenant de la mise en mouvement d'un aimant dans un bobinage de fil conducteur.

Chapitre 1 Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques

Ce principe de l'alternateur (comparable à la dynamo des éclairages de bicyclettes) fonctionne à partir de diverses sources motrices : force de l'eau (barrages), force du vent (éoliennes), force de la vapeur d'eau (centrales nucléaires et centrales thermiques à flamme) qui vont toutes entraîner la rotation de l'alternateur [1].

Il existe trois principaux types de centrales pour produire de l'énergie électrique :

- a) les centrales hydrauliques.
- b) les centrales thermiques.
- c) les centrales nucléaires.

Bien qu'on commence à exploiter le vent, les marée et l'énergie rayonnante du soleil, ces sources d'énergie ne représenteront, pour les années à venir, qu'une petite partie de l'énergie totale dont nous aurons besoin. Tout semble indiquer qu'au niveau mondial nous continuerons à exploiter les ressources fossiles (charbon, gaz naturel) et nucléaires.

La production hydraulique, thermique, nucléaire, et éolienne, est consacrée aux diverses sources de petite puissance situées près des centres de consommation et regroupées sous le nom de "production décentralisée".

L'électricité ne se stocke pas à l'échelle industrielle : à tout instant, la production d'électricité doit être égale à celle qui est consommée.

En Algérie, la société «Sonelgaz» veille donc à assurer, en permanence, un équilibre entre les offres de production et les besoins de consommation qui varient avec la saison, la météo du jour, de l'heure...etc. Des prévisions définissent les besoins théoriques nécessaires et les ajustements ont lieu en permanence pendant la journée [1].

1.2.2 Le transport et la répartition

Le transport d'électricité n'est pas dans le même intérêt que sa production et son utilisation, afin que nous ayons souvent tendance à négliger l'étude de cet important problème. Toutefois, les investissements et le matériel humain attribués au transport important en surmontant des investissements pour le secteur de la production. On sait que le transport de l'électricité est effectué dans des administrateurs tels que des entreprises, des câbles souterrains ou un câble de connexion simple provenant de la télévision. Malgré sa simplicité apparente, ces pilotes cachent des propriétés importantes qui influencent grandement le transport de l'électricité [1].

Chapitre 1 Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques

Le rôle de la compagnie aérienne de transport consiste à parcourir l'électricité des descendeurs situés dans un endroit différent sur le territoire sur le réseau de distribution que l'extinction place nourrit les accusations. Les lignes de transport fournissent également l'interconnexion des terres régionales, qui garantit non seulement une répartition économique de l'électricité dans les régions dans des conditions de fonctionnement normales, mais également un transfert interrégional de l'énergie, dans des situations d'urgence.

Les niveaux de tension utilisées pour le transport sont différents d'un pays à l'autre, mais la tendance à la normalisation existe. Ils font partie du réseau de transport tous les lignes avec un niveau de tension supérieure à 60 kV. En Algérie, les tensions utilisées pour Le transport sont de 60 kV, 90 kV, 150 kV, 220 kV et dans le processus de 400 kV. Aux États-Unis, les tensions sont normalisées à 69 kV, 115 kV, 138 kV, 161 kV, 230 kV, 345 kV, 500 kV et 756 kV. Toutes les lignes de transport provoquent les sources de distribution. Ce dernier vous permet d'allumer les lignes d'un côté et de réduire les niveaux latents aux niveaux permettent la distribution d'électricité de l'autre.

1.2.3 Distribution

Le réseau de distribution est la part réseau qui connecte les contributions de la source de rétribution aux postes de consommateurs. Les lignes de réseau de distribution primaires sont un niveau de tension comprise entre 5,5 kV et 36 kV et des charges des zones géographiques exactes.

Certaines petites unités industrielles sont effectuées directement à partir du réseau de tension moyen (MT). Le réseau de distribution secondaire est généralement une tension pour une utilisation commerciale et résiduelle. En Algérie, basse tension 380/220V est des conducteurs triphasés 4. Dans certains pays, il y a encore des escaliers triphasés de 220/127v 4 conducteurs.

Le réseau de vente est dans l'air et sous terre. Ce dernier a connu une croissance rapide depuis des décennies, qui représente aujourd'hui la plupart du réseau de vente.

Pour pouvoir être utilisable, le réseau de transport et de distribution n'a pas les exigences suivantes:

1. Assurez-vous que le client a besoin d'énergie.
2. Fournir une tension stable dont les variations ne dépassent pas ± 10 méthodes de fixation.

3. Placez une fréquence stable dont les variations ne dépassent pas $\pm 0,1$ Hz.
4. Entrez le pouvoir à un prix acceptable avec le maintien des normes de sécurité.

1.2.4 Les charges

Les charges sont à caractère industriel, commercial et résidentiel. Si de très grandes charges industrielles peuvent être directement alimentées par le réseau de transport, les petites charges le sont par le réseau primaire de distribution.

Les charges industrielles sont des charges composées où les moteurs représentent la plus grande part. Ces charges composées sont fonction de la fréquence et de la tension et constituent la majeure partie de la charge totale d'un réseau électrique. Les charges à caractère commercial et résidentiel sont celles liées essentiellement à l'éclairage, le chauffage et la climatisation. Elles sont indépendantes de la tension et de la fréquence et absorbent très peu d'énergie réactive. La puissance active fournie à la charge s'exprime en kilowatts ou en mégawatts. L'amplitude de la puissance totale fournie, varie durant une journée et doit être à chaque instant, adaptée à la demande du consommateur.

Le diagramme journalier de l'évolution de la charge Figure 1.2. Etant la sommation des consommations, exprimées par différents types de consommateurs pendant 24 heures, renseigne sur les habitudes de consommation de ces derniers. La plus grande valeur de la charge durant 24 heures est dite « pointe de charge » ou « pic de charge ». Les plages horaires durant lesquelles elle est atteinte sont dites « heures de pointe ». De petites centrales à démarrage rapide sont utilisées en appoint pour faire face à la demande pendant ces quelques heures [1].

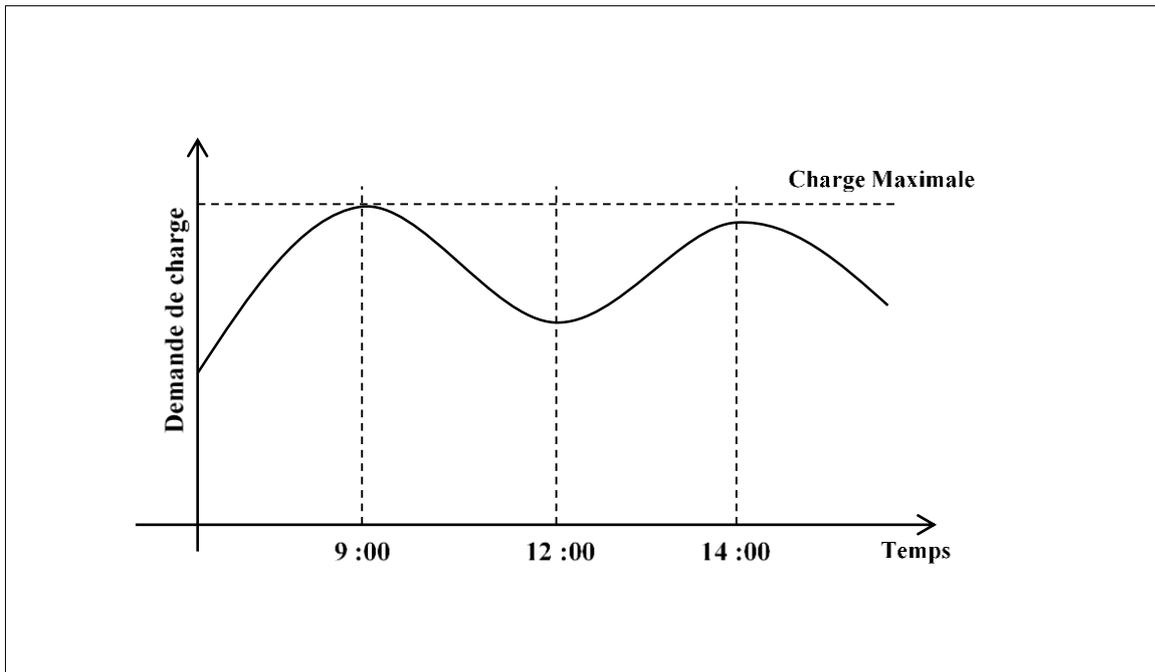


Figure 1. 2: Exemple de courbe journalière de la charge.

1.3 Défauts dans les lignes de transport

1.3.1 Définition

On appelle un défaut, toute perturbation qui engendre des modifications à des paramètres électriques d'un ouvrage, il est caractérisé par un phénomène non conforme au fonctionnement normal du réseau et pouvant dans certains cas conduire à un effondrement électrique de celui-ci et la mise en danger de son environnement.

Le risque d'apparition d'un incident sur le réseau n'est pas nul car il est lié à de nombreux paramètres aléatoires [2].

1.3.2 Les origines des défauts

Les défauts liés aux lignes de transport prennent leurs racines dans :

- **Electriques** : C'est l'altération des isolants des matériels de réseau, par exemple. En effet, les matériels électriques que l'on trouve sur le réseau ou dans les postes comportent des isolants (solides, liquides ou gazeux) constitués d'assemblages plus ou moins complexes placés entre les parties sous tension et la masse. Ces isolants subissent des dégradations au cours du temps qui conduisent à des défauts d'isolement et donc des courts-circuits [2].
- **Atmosphériques** : Les lignes aériennes sont soumises aux perturbations extérieures telles que la foudre, les tempêtes ou le givre [2].

- **Mécaniques** : C'est la chute d'un corps sur un conducteur ou la dégradation mécanique de conducteurs consécutive à des agressions extérieures par des engins de terrassement [2].
- **Humaines** : Ce sont les fausses manœuvres telles l'ouverture d'un sectionneur en charge [2].

1.3.3 Les types des défauts de réseaux [2]

- **Les défauts triphasés** : Ce sont les court-circuit entre les trois phases avec ou sans mise à la terre.
- **Les défauts biphasés** : Ce sont les court-circuit entre deux phases ou une phase et le neutre avec ou sans mise à la terre.
- **Les défauts monophasés** : Ce sont des défauts entre une phase et la terre ou une phase et le neutre. Ils génèrent la circulation d'un courant homopolaire. Leur intensité est limitée par la résistance de terre et par la mise à la terre du neutre.

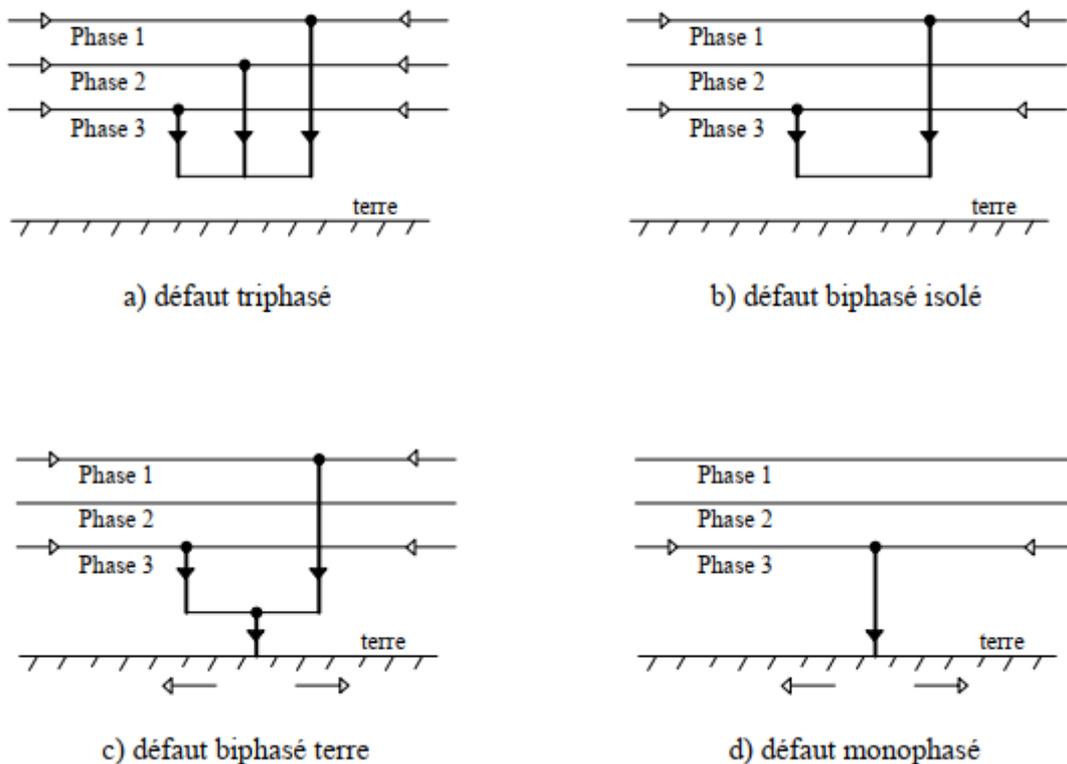


Figure 1. 3: Différents types de court-circuit.

1.3.4 Caractéristiques des défauts [3]

Ils sont principalement caractérisés par :

Leurs durées : Auto-extincteur, fugitif ou permanent.

Leurs origines : Electrique, atmosphérique, mécanique et humain.

Chapitre 1 Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques

Leurs localisations : Interne ou externe à une machine ou à un tableau électrique. Outre ces caractéristiques, les courts-circuits peuvent être :

Monophasés : 80 % des cas.

Biphasés : 15 % des cas. Ces défauts dégénèrent souvent en défauts triphasés.

Triphasés : 5 % seulement dès l'origine.

1.3.5 Conséquence des défauts

1.3.5.1 Le court-circuit

Le court circuit est souvent dû à une défaillance électrique importante comme la rupture d'un isolant, la chute d'un objet métallique sur des barres ou la défaillance d'un semi conducteur. Il en résulte un courant de défaut dont la valeur efficace est très élevée (typiquement supérieure à 10 fois la valeur du courant nominal de l'installation). L'effet thermique est tellement rapide que les dégâts dans l'installation se produisent en quelques millisecondes, provoquant un arc électrique [4].

1.3.5.2 Surcharge

Lorsqu'une installation est franchie d'un courant électrique plus grand que d'être construite, il est dit qu'il y a une surcharge (courant supérieur au courant $I > (1 \text{ à } 10)$) [4].

1.3.5.3 Les épidémies

L'augmentation soudaine et importante de la tension nominale dû, par exemple, à un coup [4].

1.3.5.4 Le déséquilibre

Un système électrique triphasé est déséquilibré lorsque les chaînes et les tensions triphasées ont des valeurs différentes [4].

1.3.6 Effet des défauts

1.3.6.1 Le bon fonctionnement du réseau

Lorsqu'ils sont polyphasés et proches des centrales, ils entraînent une diminution du couple résistant des machines et donc une rupture de l'équilibre entre celui-ci et le couple moteur. Si les défauts ne sont pas éliminés rapidement, ils peuvent conduire à la perte de la stabilité des groupes générateurs et à des endommagements du matériel dans le réseau électrique [5].

1.3.6.2 La tenue diélectrique des matériels

Dans le cas d'un défaut triphasé, les défauts provoquent des surintensités violentes qui amènent deux types de contraintes :

Chapitre 1 Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques

- Des contraintes mécaniques dues aux efforts électrodynamiques qui entraînent le balancement des conducteurs aériens et le déplacement des bobinages des transformateurs. Ces effets sont souvent à l'origine des défauts entre phases qui sont en générale beaucoup plus sévère que les défauts entre phase et terre. Parce que le courant de défaut à la terre est limite par l'impédance de mise à la terre des points neutre des réseaux.
- Des contraintes thermiques dues au dégagement de chaleur par effet joule dans les conducteurs [5].

1.3.6.3 La qualité de la tension

Les courants de court –circuit provoquent de brusques variations de tension, non seulement sur la ligne mauvaise, mais aussi sur les lignes adjacentes [5].

1.3.6.4 Les circuits de télécommunication

La présence d'un court-circuit dissymétrique entre une ou deux phases d'une ligne d'énergie et la terre entraine la circulation d'un courant homopolaire qui s'écoule à la terre par les points neutre du réseau. La tension induite longitudinale, proportionnelle à ce courant apparaît sur les lignes de télécommunications qui ont un trajet parallèle à la ligne d'énergie. Cette tension peut atteindre des valeurs dangereuses pour le personnel et les installations de télécommunication[5].

1.3.6.5 La sécurité des personnes

La mise sous tension accidentelle des masses entraine l'élévation de potentiel des masses, cette élévation est liée à l'écoulement des courants de défaut à la terre. Les conducteurs tombés au sol présentent des risques pour les personnes. Le mode de mise à la terre des points neutre joue de ce fait un rôle essentiel dans la protection des personnes contre les chocs électriques[5].

1.4 Mesure et Protection des réseaux électriques

Les différentes parties des installations électriques peuvent être le siège d'un nombre d'incidents qui sont dus en général à l'apparition de défauts. Lorsqu'un défaut se produit sur un élément du réseau électrique, il est indispensable de mettre hors tension l'élément ou la partie du réseau en défaut, afin de limiter les dégâts que l'arc électrique peut causer et d'éviter la répercutions du défaut sur le fonctionnement général du réseau électrique et des centrales de production [6].

1.4.1 Définition [7]

La protection est un ensemble d'organes destinés à protéger les équipements et le personnel.

1.4.2 Eléments constitutifs d'un système de protection

Les protections électriques mettent en œuvre différents éléments : des capteurs, des relais, des automates et des disjoncteurs. Elles fonctionnent typiquement en l'espace de quelques centaines de millisecondes.

Chaque composant du réseau nécessite des types de protections spécifiques [7].

- **Des capteurs et réducteurs de mesures :** Pour éliminer un problème, il faut tout d'abord le détecter, et pour cela un capteur est requis afin de mesurer les différentes mesures physiques nécessaires à l'évaluation de la situation. Ou au moins des réducteurs de mesures qui permettent d'abaisser l'amplitude des valeurs à mesurer (courant ou tension) pour les rendre lisibles par des capteurs électroniques.
- **Relais et automates :** Les relais de protection sont des appareils qui reçoivent un ou plusieurs informations (signaux) à caractère analogique (courant, tension, puissance, fréquence, température...etc.) et les transmettent à un ordre binaire (fermeture ou ouverture d'un circuit de commande) lorsque ces informations reçues atteignent les valeurs supérieures ou inférieures à certaines limites qui sont fixées à l'avance. Les automates servent pour les fonctions de réenclenchement [8].
- **Un appareillage de coupure :** De par ses caractéristiques, un disjoncteur est l'appareil de protection essentiel d'un réseau à haute tension, car il est seul capable d'interrompre un courant de court-circuit et donc d'éviter que le matériel connecté sur le réseau soit endommagé par ce court-circuit [9].

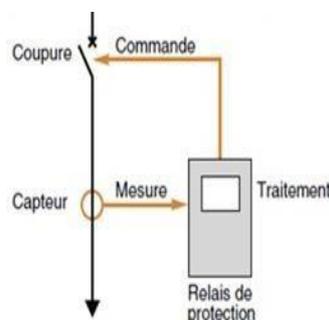


Figure 1. 4: Schéma fonctionnel d'une protection électrique.

1.4.3 Qualités fondamentales d'une protection électrique [10] [11] [12]

Un système de protection doit avoir des qualités de :

- **Rapidité** : La rapidité de fonctionnement et des performances des protections sont prioritaire afin d'éliminer le plus vite possible les défauts.
- **Sélectivité** : La sélectivité a pour but d'isoler rapidement une partie défaillante en un point du réseau de distribution sans privé la continuité de service d'alimentation en énergie électrique.

Les différents moyens les plus importants pour assurer une bonne sélectivité dans la protection d'un réseau électrique sont :

1. Sélectivité chronométrique.
2. Sélectivité ampérométrique.
3. Sélectivité par échange d'informations, dite sélectivité logique.
4. La sélectivité par l'utilisation de protections directionnelles ou différentielles.
 - **Sensibilité** : La protection doit détecter tous les défauts, même les plus faibles.
 - **Fiabilité** : Elle combine les notions de sûreté et de sécurité.

1.5 Détection, classification et localisation des défauts

La fourniture d'électricité, en ce qui concerne la sûreté et la disponibilité, constitue un point clef de la gestion des réseaux électriques. Une des tâches importantes de la gestion du réseau consiste à traiter correctement l'occurrence des défauts. En général, on distingue trois niveaux de traitement suite à l'apparition d'un défaut sur un réseau de distribution: **[13]**

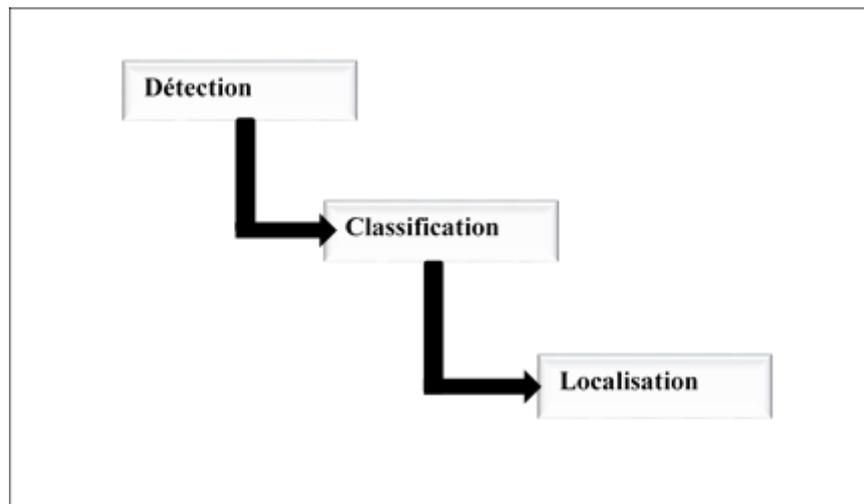


Figure 1. 5: Organigramme de détection, classification et localisation des défauts.

1.5.1 La détection du défaut

Les protections contrôlent en permanence l'état électrique du réseau en surveillant un certain nombre des grandeurs électriques caractéristiques (courant, tension, fréquence) ou des combinaisons de ces grandeurs (puissance, etc.). Ces grandeurs électriques sont fluctuantes du fait notamment des variations de la charge ou de topologie des réseaux, néanmoins elles évoluent dans un domaine normalement fixé par les règles générales d'exploitation des réseaux.

Suite à la sortie brusque des grandeurs de ces domaines, des anomalies se forment et sont exploitées comme critère de détection [13].

La détection du défaut doit être très rapide car elle entraîne l'ouverture des disjoncteurs qui mettront hors tension la partie défectueuse du réseau [14].

1.5.1.1 Les méthodes de détection des défauts

On distingue les méthodes de détection de défaut actuellement en service suivant les paramètres électriques utilisés :

- **Courant de phase :**

Quand le défaut se produit, le courant de phase augmente très vite et devient très élevé. Si le seuil de courant est franchi ou si l'augmentation du courant durant une durée spécifique dépasse une valeur prévue, le défaut est déterminé [15].

- **Tension neutre terre :**

La tension neutre terre, relativement faible en service normal, augmente immédiatement avec l'apparition d'un défaut monophasé. Dans le cas d'un défaut franc, elle atteint même la tension nominale simple du réseau. Ce phénomène peut être exploité pour la détection de défauts en définissant des valeurs seuils pour la tension neutre-terre ou pour sa variation. Plus le défaut est résistif, plus cette méthode devient sensible aux autres facteurs qui peuvent faire varier la tension neutre-terre (i.e. asymétrie du réseau) [15].

- **Le défaut être détecté en utilisant l'indicateur nT :**

Calculé à partir des échantillons du courant issu de la ligne. Les valeurs de nT (T : période du signal) sont comparées à la valeur prédéterminée pour le système à l'état sain. Si la valeur de l'amplitude à nT est supérieure à celle de T , donc la ligne est en défaut [7].

1.5.2 La classification des défauts

La classification est d'abord employée pour désigner le partage d'un ensemble d'individus en classes de telle sorte que tout individu appartienne à une classe ou une catégorie prédéfinie. Le terme classification sert aussi à une opération statistique qui consiste à regrouper des objets (individus ou variables ou observations) en un nombre limité de groupe (classes, segments), et de les classer en fonction de certaines de leurs caractéristiques [16].

1.5.2.1 Les méthodes d'apprentissage

Les algorithmes d'apprentissage peuvent se catégoriser selon le mode d'apprentissage qu'ils emploient.

Nous pouvons classer les types d'apprentissages en plusieurs catégories très distinctes : [16]

1.5.2.1.1 L'apprentissage supervisé

L'apprentissage supervisé se fait sur la base d'une vérité fondamentale. En d'autres termes, une connaissance préalable de ce que devraient être les valeurs de sortie de nos échantillons est connue. Par conséquent, l'objectif de l'apprentissage supervisé est d'apprendre une fonction qui, à partir d'un échantillon de données et des résultats souhaités, se rapproche le mieux de la relation entre entrée et sortie observable dans les données [16].

Parmi les méthodes d'apprentissage supervisé on distingue les méthodes suivantes :

-Machine à vecteurs de support.

-Réseau de neurones.

-Méthode des k plus proches voisins.

1.5.2.1.2 L'apprentissage non-supervisé

L'apprentissage non supervisé consiste à ne disposer que des données d'entrée (X) et pas de variables de sortie correspondantes. Celles-ci sont appelées apprentissage non supervisé car, contrairement à l'apprentissage supervisé ci-dessus, il n'y a pas de réponse correcte ni d'enseignant. Les algorithmes sont laissés à leurs propres mécanismes pour découvrir et présenter la structure intéressante des données. L'objectif de l'apprentissage non supervisé regroupé (classer) les individus qui se ressemblent le plus qui ont des caractéristiques semblables[16].

1.5.2.1.3 Algorithme intelligents

- **Réseau de neurone artificiel (RNA)**

Les réseaux de neurones artificiels sont des réseaux fortement connectés de processeurs élémentaires fonctionnant en parallèle. Chaque processeur élémentaire calcule une sortie unique sur la base des informations qu'il reçoit.

Toute structure hiérarchique de réseaux est évidemment un réseau [16].

- **Logique floue (LF)**

La logique floue est une extension de la logique booléenne créée par Lotfi Zadeh en 1965 en basant sur sa théorie mathématique des ensembles flous, la logique floue confère une flexibilité très appréciable au raisonnement qui l'utilise, ce qui rend possible la prise en compte des imprécisions et des incertitudes[17].

1.5.3 Méthodes de localisation du défaut

La localisation de défaut est devenue de plus en plus importante pour connaître l'endroit de défaut et le réparer afin de réduire le temps de l'entretien et de la restauration du réseau électrique. Afin de réaliser ce but des différents algorithmes de localisation ont

été développées jusqu'à présent pour obtenir une meilleur évaluation de l'endroit de défaut selon les données d'une seule ou des deux extrémités de la ligne. Parmi ces méthodes il y'a :

1.5.3.1 Utilisation des phraseurs

1.5.3.1.1 Localisations de défaut dans les lignes de transport en utilisant les données d'une seule extrémité de la ligne

- Utilisation de l'imaginaire de la composante fondamentale des signaux

Cet algorithme est basé seulement sur l'utilisation de la partie imaginaire de l'impédance apparente de la ligne Z_{FS} par unité de distance de défaut [18]. La Figure 1.6 montre une ligne de transport alimenté par deux sources GS et GR avec un défaut à une distance « m » de la source GS.

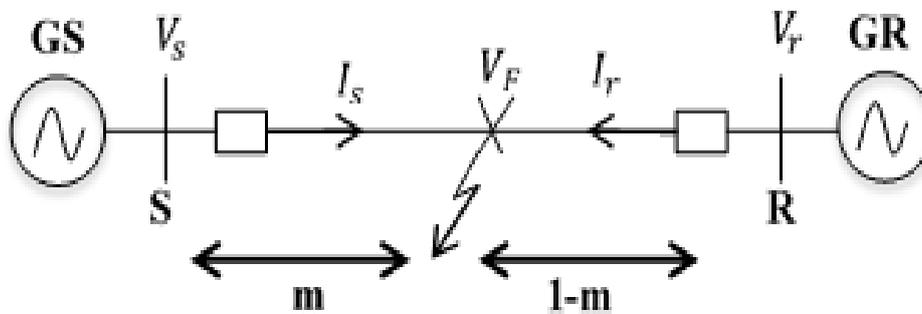


Figure 1. 6: Ligne en défaut à une distance m de la source 'GS'.

Le schéma équivalent de la figure 1.6 pour un défaut triphasé est représenté sur la figure 1.7 :

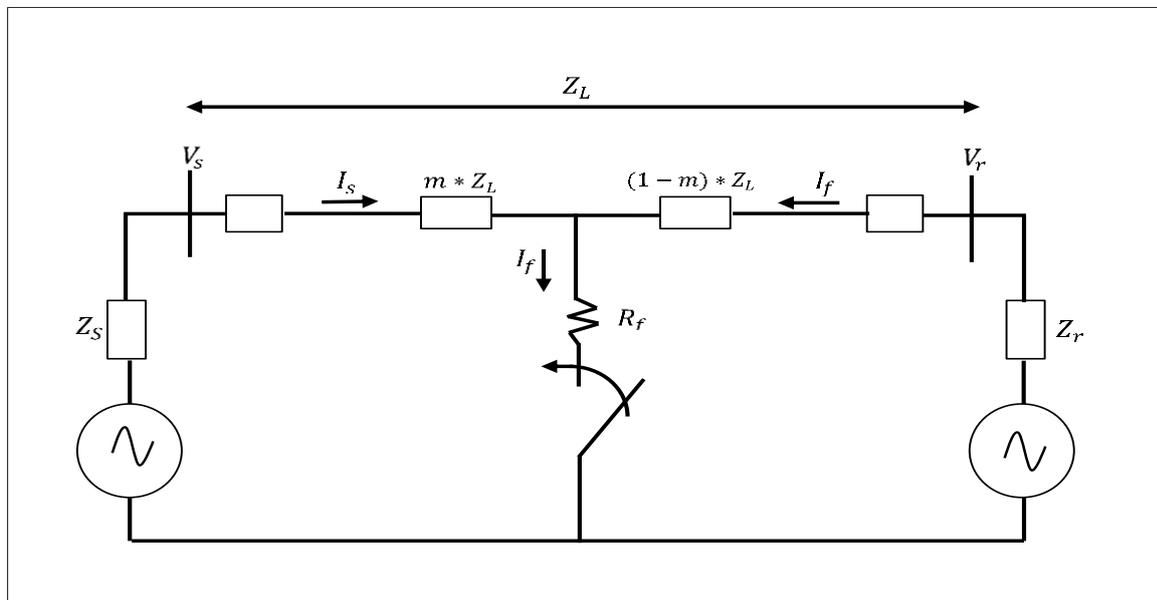


Figure 1. 7: Schéma équivalent d'une ligne en défaut.

Avec :

V_s : la tension à l'entrée de la ligne.

I_s : le courant à l'entrée de la ligne.

V_r : la tension à la sortie de la ligne.

I_r : le courant à la sortie de la ligne.

R_f : la résistance du défaut.

I_f : le courant du défaut.

Z_L : l'impédance totale de la ligne entre le jeu de barre S et R.

m : distance du défaut.

Z_s et Z_r : impédances respective des sources « GS » et « GR ».

A partir de la Figure 1.7 on peut écrire l'équation suivante :

$$V_s = m \cdot Z_L \cdot I_s + R_f \cdot I_f \quad (1.1)$$

La valeur de l'impédance Z_{FS} mesurée à partir de jeu de barre « S » (impédance de la boucle en défaut vue de S) peut être déterminée en divisant l'équation (1.1) par le courant mesuré I_s .

$$Z_{FS} = V_S / I_S = m \cdot Z_L + R_f \cdot (I_f / I_S) \quad (1.2)$$

La localisation du défaut est définie par :

$$m = \frac{I_m(Z_{FS})}{I_m(Z_L)} \quad (1.3)$$

$$m = \frac{I_m \left(\frac{V_S}{I_S} \right)}{I_m(Z_L)} \quad (1.4)$$

- Défaut monophasé (phase « a » à la terre)

Pour ce type de défaut la localisation du défaut est définie par :

$$m = I_m \left[\frac{V_{Sa}}{I_{Sa} + K_0 I_R} \right] / I_m(Z_{11}) \quad (1.5)$$

- Défaut biphasé à la terre (phase a-b) :

Pour ce type de défaut la localisation du défaut est définie par :

$$m = I_m \left[\frac{V_{Sab}}{I_{Sab}} \right] / I_m(Z_{11}) \quad (1.6)$$

- Défaut triphasé

Pour ce type de défaut la localisation du défaut est définie par :

$$m = I_m \left[\frac{V_{Sabc}}{I_{Sabc}} \right] / I_m(Z_{11}) \quad (1.7)$$

Méthode de « Takagi »

Cette méthode est basée sur l'utilisation des mesures de la composante fondamentale des signaux des courants et des tensions d'une seule extrémité de la ligne [18].

Posons :

$$\Delta I_S = I_S - I_L \quad (1.8)$$

D'où :

I_S : le courant à la source GS après le défaut.

I_L : le courant à la source GS avant le défaut.

Chapitre 1 Généralités sur les défauts et les protections dans les réseaux électriques

L'équation (1.1) peut s'écrire :

$$V_S = m \cdot Z_{1L} \cdot I_S + R_F \cdot \frac{\Delta I_S}{d_S} \quad (1.9)$$

d_S est le facteur de distribution de courant.

$$d_S = \frac{\Delta I_G}{I_F} = \frac{Z_R + (1-m)Z_L}{Z_S + Z_R + Z_L} = |d_S| \angle \beta \quad (1.10)$$

En multipliant les deux côtés de l'équation (1.9) par le conjugué complexe ΔI_S^* , et en employant seulement la partie imaginaire on obtient :

$$I_m(V_S \cdot \Delta I_S^*) = m \cdot I_m(Z_{1L} \cdot I_S \cdot \Delta I_S^*) + R_F \cdot I_m\left(\frac{1}{d_S}\right) \quad (1.11)$$

Si le système est homogène, l'angle du facteur courant de distribution est presque nul

($I_m(1/d_S) \approx 0$), la distance au défaut est :

$$m = \frac{I_m(V_S \cdot \Delta I_S^*)}{I_m(Z_{1L} \cdot I_S \cdot \Delta I_S^*)} \quad (1.11)$$

1.5.3.1.2 Localisations de défaut en utilisant les données de deux extrémités de la ligne

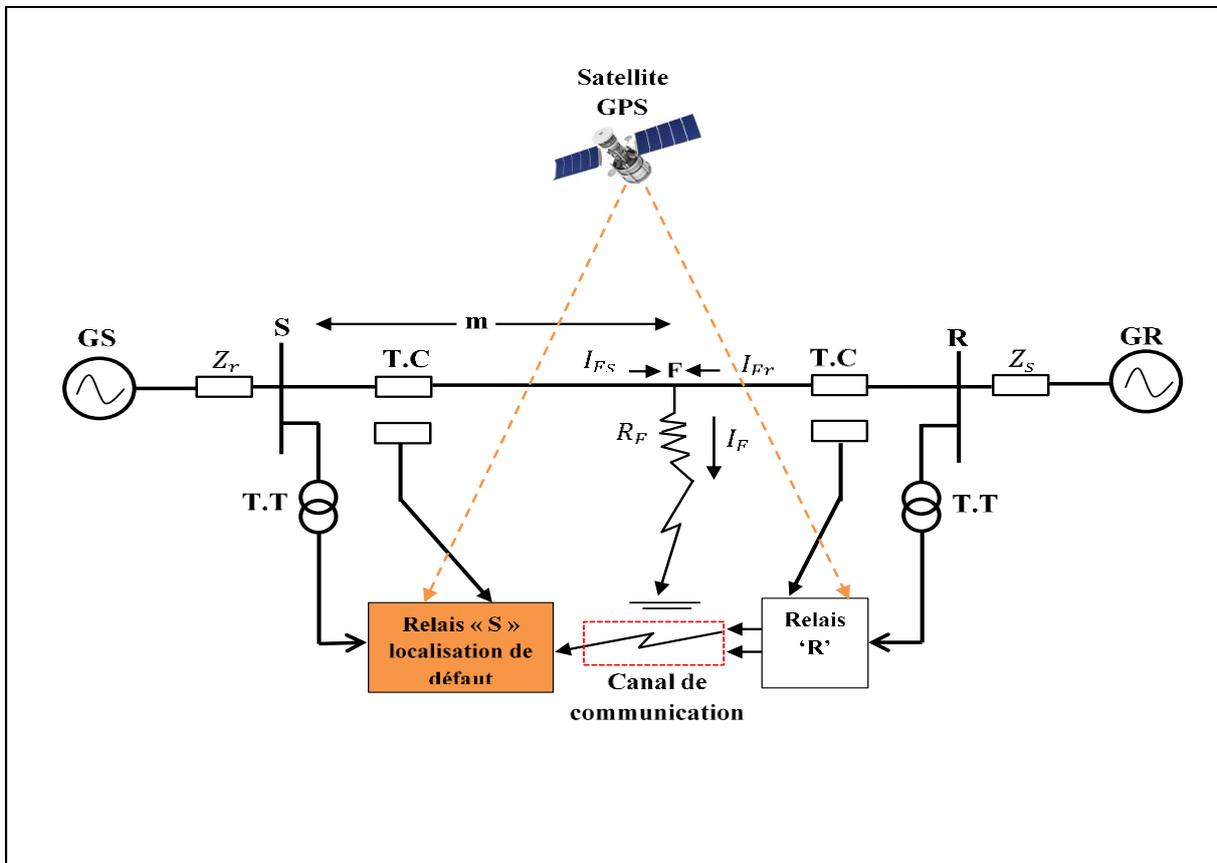


Figure 1. 8: Schéma de la ligne de transport en défaut.

Ce modèle se compose de deux générateurs (GS, GR) et une ligne de transport et deux jeux de barres 'S' et 'R'. il est considéré qu'un défaut se produit à la distance « m » et l'endroit de défaut « m » est évalué par le relais 'S' (figure.1.8). Le système GPS (Global Positioning System) est utilisé pour assurer la synchronisation des données entre les deux relais 'S' et 'R'.

Les algorithmes proposés pour la localisation de défauts utilisent les signaux des tensions et des courants des deux extrémités de la ligne, Ceci exige un bon système de communication pour réaliser la synchronisation [19].

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le réseau électrique et les défauts qui peuvent survenir, ainsi que les différentes mesures de protections contre ces anomalies, tout en citant les techniques de détection, classification et localisation des défauts électriques.

Chapitre 2 :
**Les méthodes de localisation
des défauts dans les lignes
de transport**

2.1 Introduction

Dans le monde d'aujourd'hui, l'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée, cette énergie est quasiment produite partout dans le monde. Comme il est bien connu, pour bénéficier de l'électricité elle est transportée et distribuée, pendant cette étape de transport plusieurs défauts peuvent provenir comme le court-circuit.

Plusieurs méthodes de localisation des défauts dans les lignes de transport ont été trouvées, dans ce deuxième chapitre, on va parler de deux méthodes :

Les unités de mesure de phase simultanée (PMU).

Les réseaux de neurones artificiels (RNA)

Dans ce chapitre, une vue globale de cette technologie a été faite en tenant compte de ses avantages et de ses applications courantes sur les réseaux électriques.

2.2 Unité de Mesure de Phaseur (PMU)

2.2.1 Définition

L'unité de mesure de phaseur synchronisée (PMU) est un dispositif capable de mesurer le phaseur de tension et de courant synchronisés dans un système d'alimentation. La synchronisation entre les PMU est obtenue par échantillonnage simultané de la tension et les tracés actuels, utilisant un signal de synchronisation commun du satellite de positionnement global (GPS). La capacité de calculer ces phaseurs synchronisés fait du PMU l'un des appareils de mesure les plus importants dans l'avenir de la surveillance et du contrôle du système électrique [20].

Le PMU est illustré à la figure 2.1 et 2.2 [20].



Figure 2. 1: Unité de mesure de phaseur (PMU).

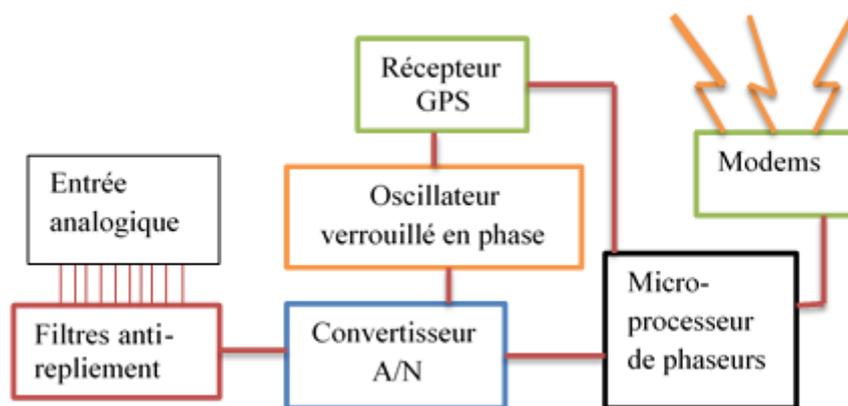


Figure 2. 2: Représentation générale d'un PMU.

2.2.2 La technique de mesure des PMU

Le phaseur est une grandeur avec une magnitude et une phase (par rapport à une référence) utilisées pour représenter un signal sinusoïdal. La phase ou l'angle de phase reflète la distance entre le pic sinusoïdal du signal par rapport à une référence spécifiée et exprimée à l'aide d'une mesure angulaire. Ici, la référence est un point fixe dans le temps (tel que le temps = 0) comme l'indique la figure 2.3.

L'amplitude du phaseur est liée à l'amplitude du signal sinusoïdal.

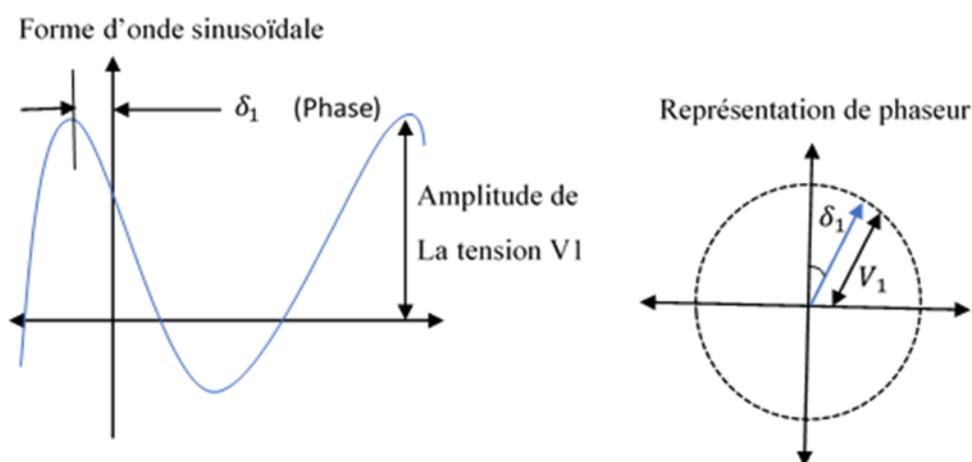


Figure 2. 3: Forme d'onde sinusoïdale et sa représentation de phaseur.

Un signal sinusoïdal peut être défini par la formule suivante:

$$x_m(t) = X_m * \cos(2\pi ft + \varphi) \quad (2.1)$$

Où :

X_m :L'amplitude.

f :La fréquence.

Un tel signal est généralement représenté par un phaseur complexe:

$$X = \frac{X_m}{\sqrt{2}} e^{j\varphi} = \frac{X_m}{\sqrt{2}} * (\cos \varphi + j\sin \varphi) = X_r + jX_i \quad (2.2)$$

$\frac{X_m}{\sqrt{2}}$:la valeur quadratique moyenne (RMS).

X_r et X_i :les parties réelles et imaginaires de la valeur complexe(ses composants rectangulaires).

φ : l'angle de phase (Sa valeur dépend de la référence de temps. En particulier, lorsque $t = 0$ est supposé, pour le standard).

La représentation du synchrophaseur du signal $x(t)$ dans l'équation (2.1) est la valeur X dans l'équation (2.2) où φ est l'angle de phase instantané par rapport à une fonction cosinus à la fréquence nominale du système synchronisée avec UTC.

Le phaseur de la composante 50 Hz est obtenue en se basant sur la forme d'onde de tension analogique en numérique échantillonné qui est synchronisé avec le signal d'horloge à partir du récepteur GPS dans des emplacements distribués (bus1 et bus 2).

Comme le montre la figure 2.4 [21] [22].

Toutefois, les PMU peuvent prendre en charge plusieurs sources temporelles, y compris les références non GPS, dans la mesure où elles sont toutes étalonnées et fonctionnent de manière synchrone. Les phaseurs horodatés qui en résultent peuvent être transmis à un récepteur local ou distant à des taux allant jusqu'à 120 échantillons par seconde. Il est utile de voir les mesures synchronisées dans le temps sur une grande surface pour examiner le fonctionnement de la grille dans son ensemble et de déterminer qu'elles parties de la grille sont touchées par différentes perturbations [23].

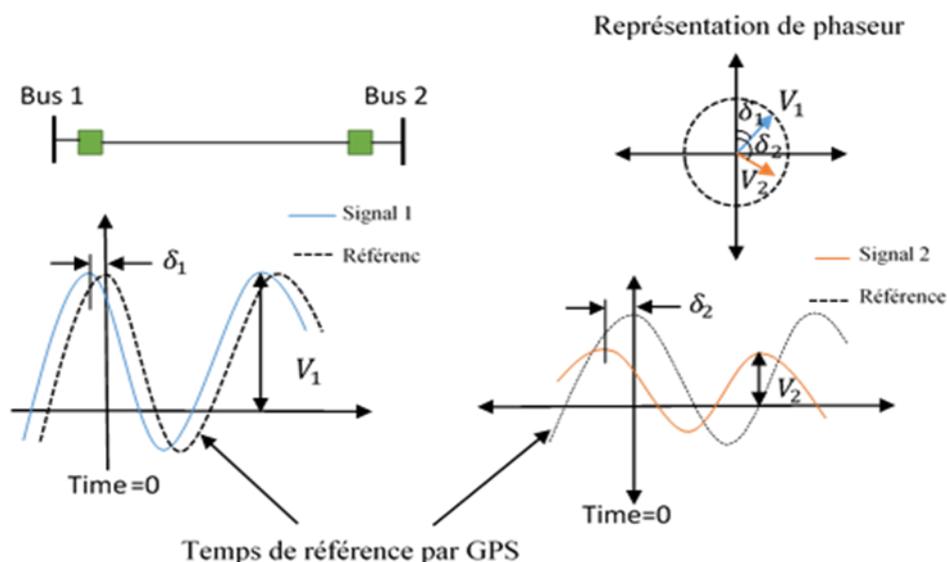


Figure 2. 4: Les signaux reçus par PMU.

2.2.3 Phaseurs Concentrateur de données (PDC)

Les concentrateurs de données de phaseur (PDC) recueillent des données de Phaseur provenant de plusieurs PMU ou d'autres PDC et alignent les données en fonction des horodatages. L'ensemble de données synchronisé dans le temps créé peut ensuite être transmis à d'autres systèmes d'information. Un PDC effectue également des vérifications de la qualité des données et signale les données manquantes ou problématiques (en attendant une période de temps définie, si nécessaire, pour que toutes les données soient entrées).

Certains PDC stockent également les données de phaseur comme le montre la figure 2.5 et peuvent les réduire afin que les données de phaseur puissent être transmises directement aux applications qui utilisent les données à des taux d'échantillonnage plus lents [24].

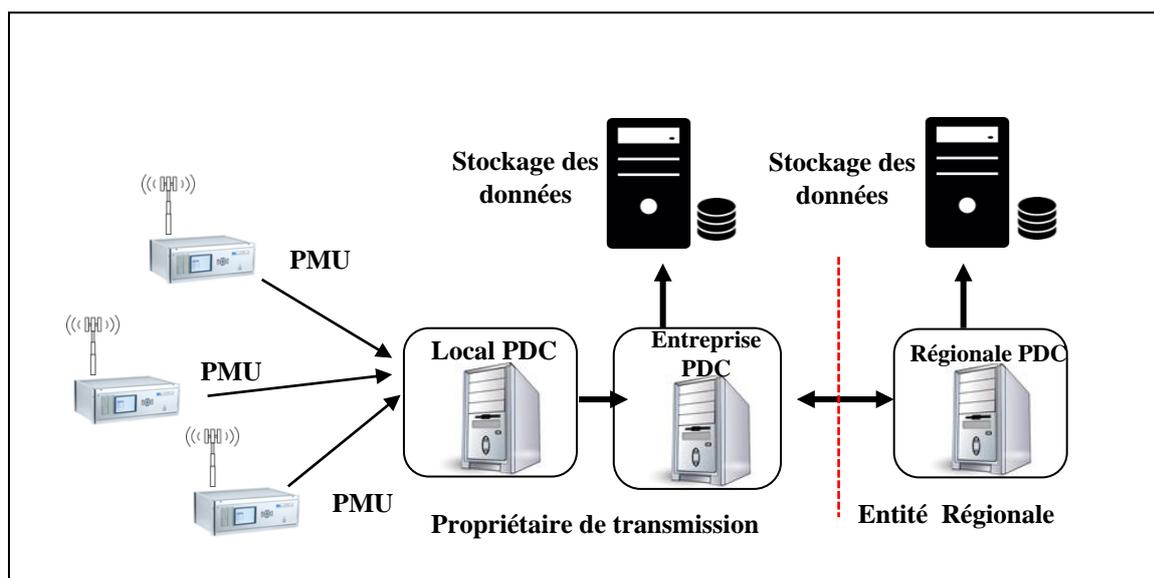


Figure 2. 5: Phaseur Concentrateur de données (PDC).

2.2.4 Réseau de communication et placement des PMU

Un système de mesure à grande surface (WAMS), est une infrastructure qui utilise les technologies de pointe permettant d'exploiter les réseaux électriques dans leur capacité optimale en accordant les données de mesure de phaseur en temps réel, le WAMS simplifie la surveillance, la compréhension de grands réseaux électriques [25].

Les PMU constituent la composante principale d'un WAMS et fournissent entre 30 à 120 mesures de phaseurs par seconde avec une précision d'une microseconde ce qui permet une bonne observabilité du réseau.

Les données de phaseurs synchronisées de tension, de courant, et de fréquence obtenus par les PMU branchés à des jeux de barres du réseau sont envoyés dans un (PDC) comme montré dans la Figure 2.6 situé dans des sous-stations ou des centres de contrôle en utilisant un réseau de communication en fibre optique dédiée. Toutes les informations sont stockées dans un centre principal (Super PDC) où sont traitées et interprétées, afin de détecter d'éventuelles anomalies sur le réseau [26].

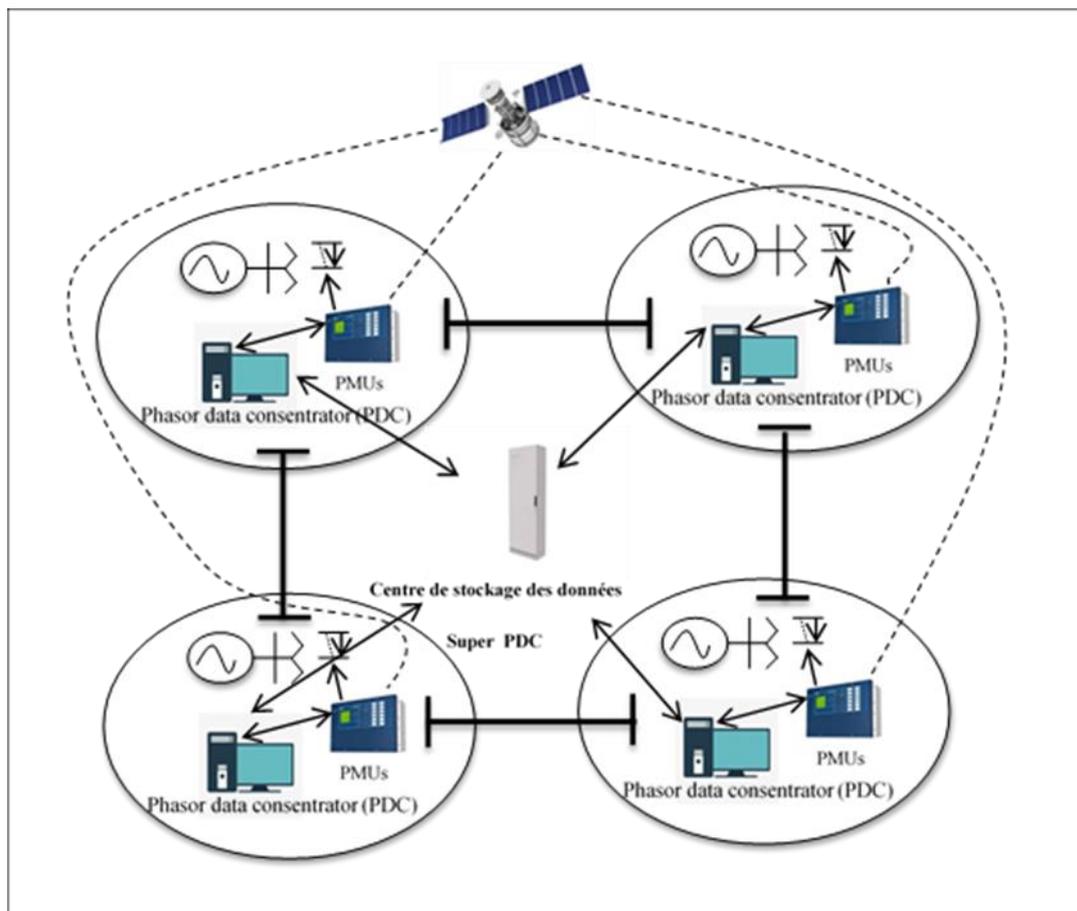


Figure 2. 6:Diagramme conceptuel d'un système de mesures de phaseurs synchronisés.

2.3 Application des PMU

Les PMU sont également utilisés pour diverses applications de système d'alimentation en ligne. Les mesures de données provenant de différents emplacements sont utilisées dans la planification et le fonctionnement du système. De plus, les synchrophaseur aident à cerner les lacunes et aident aussi à l'évaluation et à la mise en œuvre du système. Ci-dessous quelques-unes des principales applications du PMU [27].

2.3.1 Détection et contrôle de l'instabilité

L'instabilité du système commence par la perte de synchronisation du générateur. En cas de synchronisation, les autres générateurs essaient de compenser l'écart de vitesse. Toutefois, l'effet de l'inertie des générateurs pourrait entraîner une perte de stabilité du système entier ou partiel. Dans la plupart des cas, cette instabilité aura un impact important sur le fonctionnement du système. Cependant, dans d'autres cas, il pourrait avoir un grand impact et ne se dégrade pas ce qui provoque le système à perdre son synchronisme qui conduit à l'effondrement du système.

Afin d'éviter cela, les PMU pourraient être utilisés avec une protection de grande surface hors synchronisation pour détecter l'instabilité suffisamment tôt avant l'effondrement du système [27].

2.3.2 Protection des réseaux électriques

Certaines pannes d'électricité sont inévitables, c'est pour cela qu'il est primordial d'évaluer des méthodes afin de rétablir le courant le plus rapidement possible et à un coût minimal après de tels événements. L'état actuel du système est souvent différent de celui qui a été retenu dans les études de planification. Les PMU offrent une excellente solution pour déterminer une stratégie de restauration prenant en compte l'état actuel et réel du WAMS [28].

2.3.3 Estimation d'état

Les PMU sont devenus très populaires dans l'estimation de l'état du système électrique. Les algorithmes traditionnels utilisent des difficultés techniques et computationnelles de puissance réelle et réactive et des problèmes tels que des intervalles d'estimation plus longs. Pour surmonter ces difficultés et améliorer la capacité de calcul, l'algorithme d'estimation de l'état est doté de PMU possédant une capacité de synchronisation des données de haute précision. Le synchrophaseur peut mesurer les tensions de bus et les courants de ligne par intervalles d'une microseconde [27].

2.4 GPS (Global Position System)

Le GPS est un système de géolocalisation par satellite, ce système se compose de 24 satellites répartis en six orbites, à raison de quatre satellites par orbite, à une altitude approximative de 13,000 miles au-dessus de la surface de la Terre, développé par l'armée américaine, et mis à disposition des civils. Il permet de déterminer les coordonnées géographiques de n'importe quel point situé à la surface du globe. Sa précision est aujourd'hui de l'ordre du mètre [29].

Les satellites GPS fournissent un signal de synchronisation temporelle très précis, disponible, via une entrée d'antenne, dans tout le système d'alimentation. Cela signifie que les enregistrements de tension et de courant de différentes sous-stations peuvent être directement affichés sur le même axe temporel et dans le même diagramme de phaseur [29].

2.5 Les réseaux de neurones artificiels

2.5.1 Définition

Aujourd'hui de nombreux termes sont utilisés dans la littérature pour désigner le domaine des réseaux de neurones artificiels, comme connexionnisme ou neuromimétique.

Pour notre part, il nous semble qu'il faut associer à chacun de ces noms une sémantique précise. Ainsi, les réseaux de neurones artificiels ne désignent que les modèles manipulés ; ce n'est ni un domaine de recherche, ni une discipline scientifique. Connexionnisme et neuromimétique sont tous deux des domaines de recherche à part entière, qui manipulent chacun des modèles de réseaux de neurones artificiels, mais avec des objectifs différents. L'objectif poursuivi par les ingénieurs et chercheurs connexionnistes est d'améliorer les capacités de l'informatique en utilisant des modèles aux composants fortement connectés. Pour leur part, les neuromiméticiens manipulent des modèles de réseaux de neurones artificiels dans l'unique but de vérifier leurs théories biologiques du fonctionnement du système nerveux central. Notons qu'en France, dès 1982, des réunions de ces deux communautés ont été organisées, ce sont les Journées Neurosciences et Sciences de l'Ingénieur [30].

2.5.2 Définition

Les réseaux de neurones artificiels sont des réseaux fortement connectés de processeurs élémentaires fonctionnant en parallèle. Chaque processeur élémentaire calcule une sortie unique sur la base des informations qu'il reçoit. Toute structure hiérarchique de réseaux est évidemment un réseau [30].

2.5.3 Réseaux de neurones

2.5.3.1 Neurone formel

Un neurone formel est un automate très simple imitant grossièrement la structure et le fonctionnement d'un neurone biologique. La première version de ce dernier est celle de MCCULLOCH et W. PITTS et date de 1943. S'inspirant de leurs travaux sur les neurones biologiques, ils ont proposé le modèle du neurone formel qui se voit comme un opérateur effectuant une somme pondérée de ses entrées suivie d'une fonction d'activation (ou de transfert) comme indiqué par la figure II.7.

U_i représente la somme pondérée des entrées du neurone, elle est donnée par :

$$U_i = \sum W_{ij}X_j + b_i \quad (2.3)$$

Où: X_j Représente l'entrée j connectée au neurone i . b_i Le seuil interne du neurone.

W_{ij} Désigne le poids de la connexion reliant l'entrée j au neurone.

$O_i = g(U_i)$ est la sortie du neurone et g sa fonction d'activation.

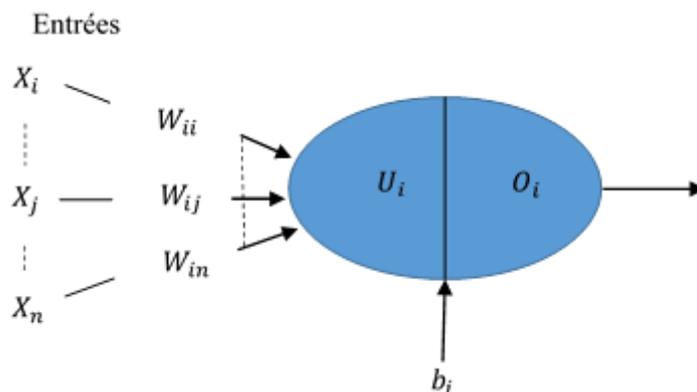


Figure 2. 7: Modèle de base d'un neurone formel.

La fonction d'activation de chaque neurone détermine ses propres caractéristiques. Par conséquent, le type du neurone est caractérisé par sa fonction d'activation. Conformément au neurone biologique, les fonctions d'activation sont généralement croissantes et continues. Les fonctions les plus utilisées sont la fonction linéaire et la fonction sigmoïde. Leur choix revêt une importance capitale et dépend souvent du type de l'application et du domaine de variation des variables d'entrée/sortie.

Un réseau de neurones artificiels (RNA) est un système informatique qui a des caractéristiques semblables aux réseaux de neurones biologiques. Il est constitué de plusieurs unités (neurones) organisées sous forme de niveaux différents, appelés couches du réseau. Les neurones appartenant à la même couche possèdent les mêmes caractéristiques et utilisent le même type de fonction d'activation. Entre deux couches voisines les connexions se font par l'intermédiaire de poids qui jouent le rôle des synapses. L'information est portée par la valeur de ses poids, tandis que la structure du réseau de neurones ne sert qu'à traiter l'information et l'acheminer vers la sortie. La structure ou la topologie d'un réseau de neurones est la manière dont les neurones sont connectés. Les structures résultantes peuvent être très variées mais elles sont souvent réparties en deux grandes familles à savoir : les réseaux de neurones non bouclés et les réseaux de neurones bouclés [31].

2.5.3.2 Réseaux non bouclés

Dans ce type de structure dite feed-forward, la propagation de l'information se fait uniquement (d) l'entrée vers la sortie. Les neurones de la même couche peuvent se connecter

uniquement avec les neurones de la couche suivante. L'architecture la plus utilisée est le perceptron multicouche. Les neurones composant ce réseau s'organisent en N couches successives (N=3). La figure 2.8, illustre un perceptron à trois couches [31]. Les neurones de la première couche, nommée couche d'entrée, voient leurs activations forcées à la valeur d'entrée. La dernière couche est appelée couche de sortie. Elle regroupe les neurones dont les fonctions d'activation sont généralement de type linéaire. Les couches intermédiaires sont appelées couches cachées. Elles constituent le cœur du réseau. Les fonctions d'activation utilisées sont de type sigmoïde.

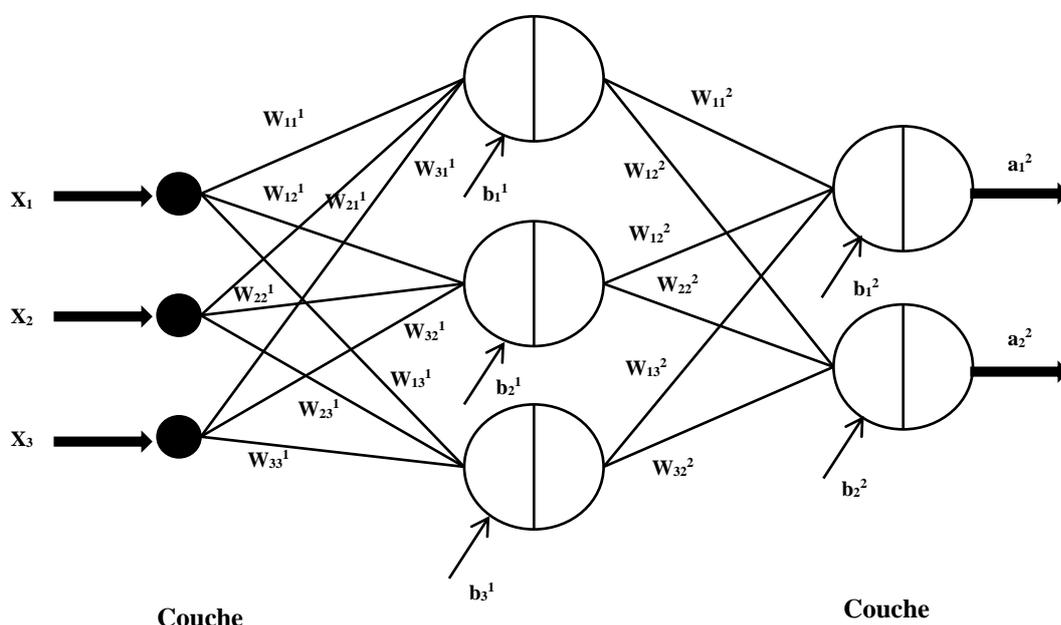


Figure 2. 8: Perceptron à une couche cachée.

Sur la figure 2.8, les termes W_{ij}^l et b_i^l désignent respectivement le poids de connexion entre le neurone j de la couche $l-1$ et le neurone i de la couche l et le biais du neurone i de la couche l .

Tenant compte de ces notations, la sortie du neurone i dans la couche l peut-être donnée par :

$$U_i^l = \sum_j^{N_{l-1}} W_{ij}^l \times O_j^{l-1} + b_i^l \tag{2.4}$$

$$O_i^l = g^l (U_i^l) \tag{2.5}$$

$l = 1, 2$: numéro de la couche.

Où g^l est la fonction d'activation des neurones de la couche l . On peut réécrire les équations ci-dessus sous forme matricielle comme suit :

$$\underline{U}^l = W^l \times \underline{O}^{l-1} + \underline{b}^l \quad (2.6)$$

$$\underline{O}^l = \underline{g}^l(\underline{U}^l) \quad (2.7)$$

Avec : $\underline{U}^l = (U_1^l; U_2^l; \dots; U_N^l)^T$, $\underline{O}^l = (O_1^l; O_2^l; \dots; O_N^l)^T$, $\underline{b}^l = (b_1^l; b_2^l; \dots; b_N^l)^T$

$$W^l = \begin{bmatrix} w_{11}^l & w_{12}^l & \dots & w_{1(N-1)}^l \\ w_{21}^l & w_{22}^l & \dots & w_{2(N-1)}^l \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N_1}^l & w_{N_2}^l & \dots & w_{N(N-1)}^l \end{bmatrix}$$

Le perceptron multicouche présente une alternative prometteuse pour la modélisation des systèmes complexes. Avec une seule couche cachée, il constitue un approximateur universel. Un tel réseau montre qu'il peut être entraîné de manière à approximer n'importe quelle fonction sous réserve de mettre suffisamment de neurones dans la couche cachée et d'utiliser des sigmoïdes comme fonctions d'activation [31].

2.5.3.3 Réseaux bouclés

Un réseau dynamique ou récurrent possède la même structure qu'un réseau multicouche muni de rétroactions. Les connexions rétroactives peuvent exister entre tous les neurones du réseau sans distinction, ou seulement entre certains neurones (les neurones de la couche de sortie et les neurones de la couche d'entrée ou les neurones de la même couche par exemple) [32].

La figure 2.9 montre deux exemples de réseaux récurrents. Le premier est un simple multicouche qui utilise un vecteur d'entrée qui contient les copies des activations de la couche de sortie du réseau et le deuxième est un réseau à mémoire se distinguant du premier par la présence des unités mémoires.

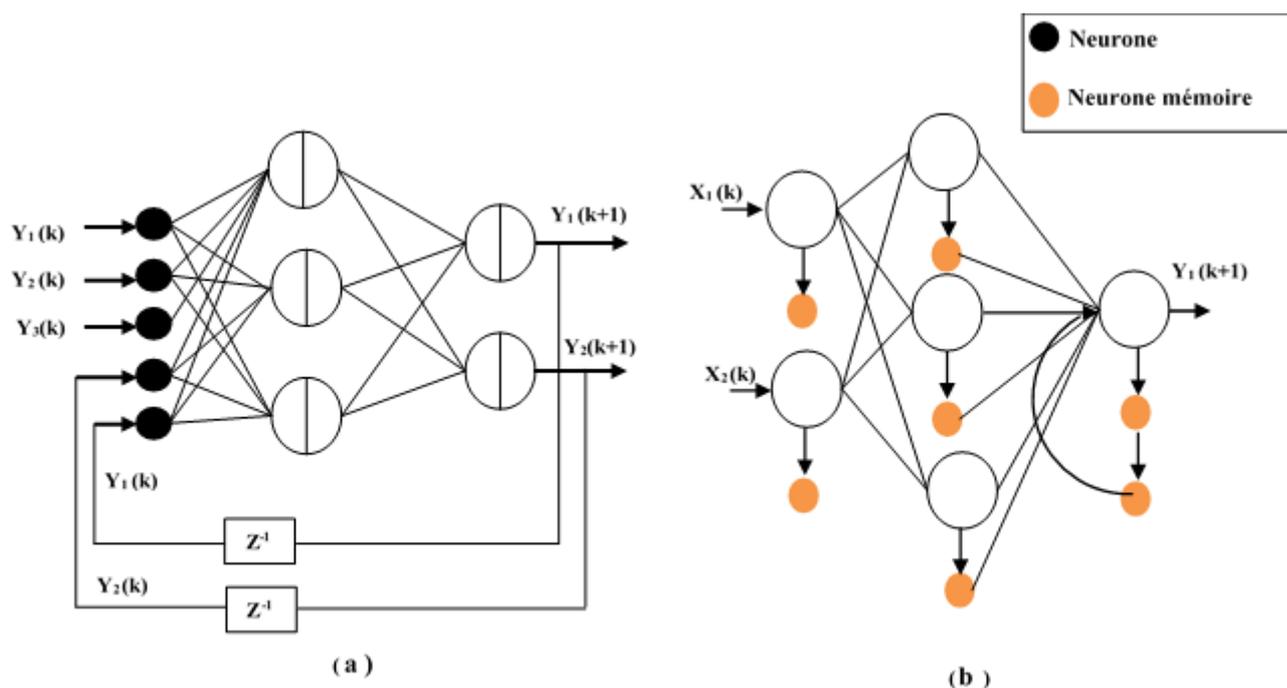


Figure 2. 9: Réseaux de neurones récurrents.

2.6 Apprentissage dans les réseaux de neurones

L'apprentissage dans le contexte des réseaux de neurones, est le processus de modification des poids de connexions (y compris les biais) ou plus rarement du nombre de couches et de neurones afin d'adapter le traitement effectué par le réseau à une tâche particulière [33].

On distingue trois familles d'apprentissage :

- **Apprentissage supervisé:** Dans ce cas, un superviseur (ou expert humain) fournit une valeur ou un vecteur de sortie (appelé cible ou sortie désirée), que le réseau de neurones doit associer à un vecteur d'entrée. L'apprentissage consiste dans ce cas à ajuster les paramètres du réseau afin de minimiser l'erreur entre la sortie désirée et la sortie réelle du réseau.
- **Apprentissage semi-supervisé ou apprentissage par renforcement:** Ce mode d'apprentissage, suppose qu'un comportement de référence n'est pas possible, mais en revanche, il est possible d'obtenir des indications qualitatives (vrai, faux, ...) sur les performances du réseau.
- **Apprentissage non supervisé:** Dans cet apprentissage, les données ne contiennent pas d'information sur la sortie désirée. Il n'y a pas de superviseur. La tâche du réseau consiste, par exemple dans ce cas, à créer des regroupements de données selon des propriétés communes (classification).

2.7 PMU Vs RNA

Tableau 2. 1: Comparaison entre PMU et RNA

	RNA	PUM
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> -Implémentation du parallélisme. -Apprentissage. -Robustesse : données bruitées ou incomplètes. -Généralisation à des Modèles similaires. -Trouvent des solutions aux problèmes non linéaires. -Trouvent des solutions aux problèmes qui n'ont pas une modélisation [36]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Surveillance des réseaux électriques, - Stratégies de commande avancées, - Protection avancée des réseaux [34].
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> -N'ont pas encore expliqué le fonctionnement du cerveau -Les poids ne sont pas interprétables -L'apprentissage n'est pas toujours évident - Ne sont pas extensibles (l'ajout d'un neurone) [36]. 	<ul style="list-style-type: none"> -Coût initial élevé et coût de service élevé prohibitif pour un large déploiement dans le Réseau MT ou BT -Perte de données : la perte de données d'une PMU peut survenir en raison d'une perte de signal GPS ou d'un réseau de communication -congestion. Généralement, les PDC collectent les données des PMU en fonction de l'horodatage du flux de données [35].

Afin de préserver la durabilité du service, une diversité de sources de données est requise, c'est pour cela les techniciens et les ingénieurs utilisent les données des PMU ainsi que celles des RNA pour localiser les défauts dans les réseaux de transport d'électricité.

2.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présentés les deux technologies de localisation des défauts ainsi que ses principales applications dans le réseau électrique et à la fin une comparaison entre les données PMU et RNA a été faite.

Nous pouvons en conclure que plus en plus les réseaux de neurones artificiels et les unités de mesures de phaseur sont utilisés par les grands opérateurs des réseaux électriques à travers le monde car ces opérateurs croient que ces deux méthodes constituent l'avenir pour un bon contrôle, une meilleure surveillance et protection dans le réseau électrique.

Chapitre 3 :

Résultats et discussions

3.1 Introduction

La localisation des défauts devient de plus en plus importante pour comprendre leurs emplacements et les réparer afin de réduire le temps de maintenance et de restauration du réseau électrique. Pour cette raison, diverses technologies ont été développées jusqu'à présent pour mieux évaluer l'emplacement du défaut et déterminer sa nature sur la base des données de la ligne électrique.

L'utilisation de l'ARN (feed-forward) est une nouvelle technologie dans le domaine de la localisation des défauts qui a été récemment développée. Reconnaissant l'importance de la fonction de localisation des défauts, plusieurs algorithmes de localisation des défauts basés sur l'ARN ont été proposés dans la littérature.

À cette fin, nous avons simulé un réseau RNA (feed-forward), et créé un défaut de court-circuit (triphase, biphasé, monophasé) pour différentes résistances pour chaque cas, et restauré les données dans chaque cas pour construire une base de recherche mondiale.

3.2 Réseau de neurones non bouclé (Feed-forward)

3.2.1 Définition

Un réseau de neurones non bouclé est représenté graphiquement par un ensemble de neurones connectés entre eux. L'information circulant des entrées vers les sorties sans retour en arrière. C'est à dire si l'on se déplace dans le réseau à partir d'un neurone quelconque ensuivant les connexions, on ne peut pas revenir au neurone de départ. Les réseaux de neurones non bouclés sont des outils statiques, utilisés principalement pour effectuer des tâches d'approximation de fonctions non linéaires et de modélisation de processus non linéaires [37].

3.2.2 Les réseaux Feed-forward

Les réseaux Feed-forward sont des réseaux dans lesquels les informations se propagent successivement de couche en couche sans retour en arrière. On y trouve [38] :

3.2.2.1 Le perceptron monocouche :

C'est le réseau le plus simple en vue de l'architecture et au niveau de sa mise en œuvre, il se compose d'une couche d'entrée et une couche de sortie. Ce réseau est capable de résoudre des problèmes linéairement séparables (ex : fonction logique 'OR' ou 'AND'); à noter que tous les neurones de la couche d'entrée sont liés à tous les neurones de sortie, comme le montre la figure suivante [38]:

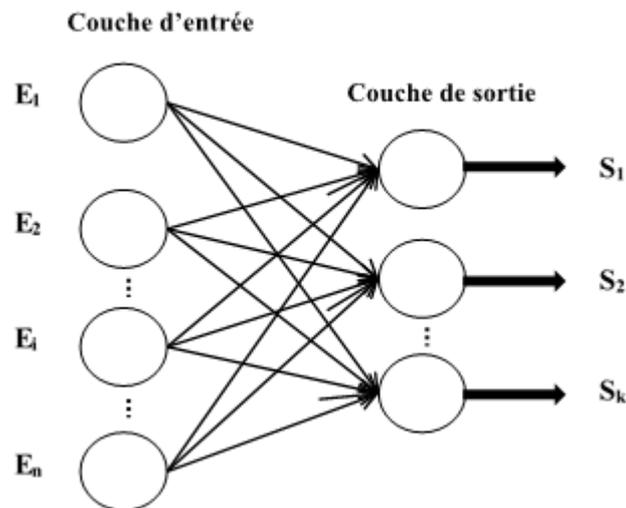


Figure 3. 1: Perceptron monocouche.

E_1 : Entrée 1 de la couche d'entrée.

E_i : Entrée i de la couche d'entrée.

E_n : Entrée n de la couche d'entrée.

S_1 : Première sortie du réseau.

S_k : Sortie k du réseau (k étant le nombre de sortie)

3.2.2.2 Le perceptron multicouche (PMC):

Contient des couches cachées entre la couche d'entrée et celle de sortie, ce réseau résout des problèmes non linéairement séparables (ex : fonction logique 'XOR'); et là aussi, chaque neurone des couches cachées est connecté à tous les neurones de la couche qui la précède et celle qui la suit. La figure ci-dessous représente un PMC [38]:

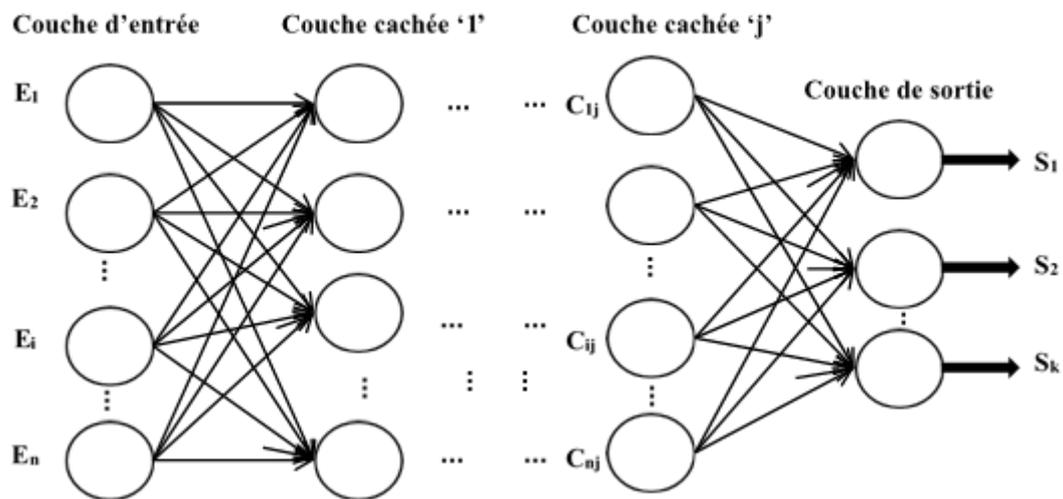


Figure 3. 2: Perceptron multicouche.

Avec :

E_1 : Entrée 1 de la couche d'entrée.

E_i : Entrée i de la couche d'entrée.

E_n : Dernière entrée de la couche d'entrée.

C_{1j} : Premier neurone de la couche cachée j.

C_{ij} : Neurone i de la couche cachée j.

C_{nj} : Dernier neurone de la couche cachée j (m: nombre de neurones dans la couche cachée j).

S_1 : Première sortie du réseau.

S_k : Sortie k du réseau (k étant le nombre de sortie).

3.3 Organigramme de travail

La figure 3.3 ci-dessous, décrit les différentes étapes à suivre pour réaliser notre travail intitulé 'localisation des défauts avec RNA (feed-forward) tout en détection la nature du défaut', les résultats sont présenté dans les tableaux (3.1, 3.2 et 3.3) en unité relatives (p.u) sachant que $V_{base} = 500$ kv et $S_{base} = 1000$ MVA.

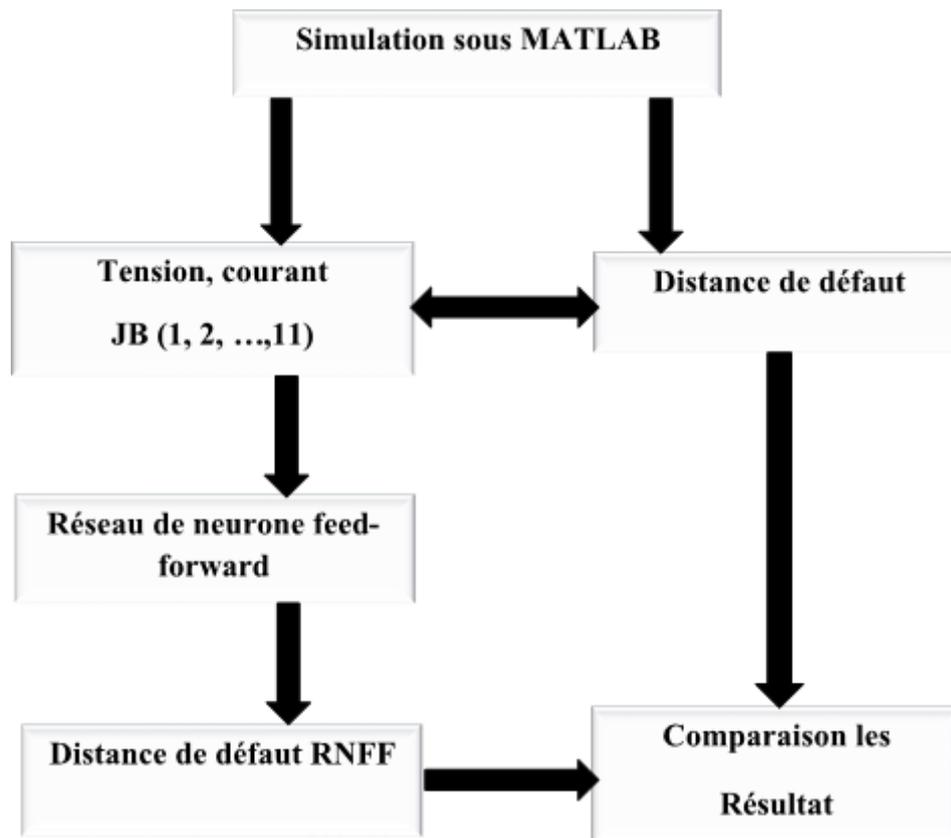


Figure 3. 3: L'organigramme de travail.

3.3.1 Simulation sous Matlab

Pour créer des défauts de court-circuit dans la ligne de transport de 700 km on a fait une simulation en utilisant le logiciel MATLAB. (Voir Annexe page 48)

3.3.2 Créations des défauts

Nous nous intéressons tout d'abord à l'introduction des défauts (en agissant sur leurs emplacements, leurs durées et leurs résistances).

Nous avons créé un défaut de court-circuit (monophasé, biphasé et triphasé) à l'aide de la fonction « Fault.con ».

3.3.2.1 Court-circuit triphasé

La création des défauts triphasés a été faite en fixant les distances pour obtenir des différents résultats du courant et de tension (en p.u), ces résultats sont résumés dans le Tableau 3.1.

Tableau 3. 1: Création des défauts triphasés.

Tension V_1	Courant I_1	Tension V_{11}	Courant I_{11}	Distance
1.5 e-5	52.97	0.79	4.76 e4	0
0.08	39.21	0.785	4.77 e4	70
0.18	35.02	0.78	4.78 e4	140
0.27	30.02	0.77	4.79 e4	210
0.36	26.16	0.75	4.85 e4	280
0.47	23.35	0.73	4.95 e4	350
0.59	21.08	0.71	5.15 e4	420
0.70	18.98	0.64	5.45 e4	490
0.85	17.07	0.53	6.6 e4	560
1.11	15.72	0.35	9.9 e4	630
1.88	14.55	2.05 e-5	2.65 e5	700

3.3.2.2 Court-circuit biphasé

La création des défauts biphasés a été faite en fixant les distances pour obtenir des différents résultats du courant et de tension, ces résultats sont résumés dans le Tableau 3.2.

Tableau 3. 2: Création des défauts biphasés.

Tension V_1	Courant I_1	Tension V_{11}	Courant I_{11}	Distance
1.2 e-5	59.97	0.79	4.9 e4	0
0.097	40.49	0.78	4.94 e4	70
0.11	33.29	0.76	4.95 e4	140
0.10	28.62	0.74	5.00 e4	210
0.08	25.71	0.71	5.07 e4	280
0.09	22.62	0.67	5.20 e4	350
0.13	20.58	0.61	5.41 e4	420
0.21	19.03	0.53	5.83 e4	490
0.30	17.29	0.41	6.81 e4	560
0.42	16.02	0.29	9.85 e4	630
1.6	12.35	8.91 e-5	2.58 e5	700

3.3.2.3 Court-circuit monophasé

La création des défauts monophasés a été faite en fixant les distances pour obtenir des différents résultats du courant et de tension, ces résultats sont résumés dans le Tableau 3.3.

Tableau 3. 3: Création des défauts monophasés.

Tension V_1	Courent I_1	Tension V_{11}	Courent I_{11}	Distance
9.03 e-6	66.48	0.8	4.71 e4	0
0.15	37.24	0.82	4.62 e4	70
0.28	25.78	0.83	4.56 e4	140
0.39	20.1	0.85	4.54 e4	210
0.49	16.48	0.86	4.52 e4	280
0.58	14.09	0.865	4.54 e4	350
0.65	12.48	0.86	4.56 e4	420
0.78	9.33	0.85	4.73 e4	490
0.92	9.33	0.82	5.05 e4	560
1.33	10.12	0.70	6.34 e4	630
1.93	14.02	6.19 e-6	3.28 e5	700

3.3.3 Application

Les résultats obtenus après la création des défauts (monophasés, biphasés et triphasés) sont rentrés dans le logiciel MATLAB dans la partie « *command window* ». Les résultats obtenus et les résultats souhaités sont montrés dans la figure 3.4 ci-dessous sous la dénomination 'input' et 'output' respectivement.

```

#####Défaut triphase de courant-circuit
input3 = [1.5e-5 0.08 0.18 0.27 0.36 0.47 0.59 0.7 0.85 1.11 1.22;
          52.97 39.21 35.02 30.02 26.16 23.35 21.08 18.98 17.07 15.72 14.55;
          0.7962 0.785 0.78 0.77 0.75 0.73 0.71 0.64 0.53 0.35 2.05e-5;
          4.763e4 4.77e4 4.78e4 4.79e4 4.85e4 4.95e4 5.15e4 5.45e4 6.6e4 9.9e4 2.65e5]
output3 = [0 70 140 210 280 350 420 490 560 630 700]
nntool

#####Défaut biphasé de courant-circuit
input2 = [1.2e-5 0.097 0.11 0.10 0.08 0.09 0.13 0.21 0.30 0.42 1.60;
          59.97 40.49 33.29 28.62 25.71 22.62 20.58 19.03 17.29 16.02 12.35;
          0.79 0.78 0.76 0.74 0.71 0.67 0.61 0.53 0.41 0.29 8.9e-5;
          4.9e4 4.94e4 4.95e4 5.0e4 5.07e4 5.2e4 5.41e4 5.83e4 6.81e4 9.85e4 1.88e5]
output2 = [0 70 140 210 280 350 420 490 560 630 700]
nntool

#####Défaut monophasé de courant-circuit
input1 = [9.03e-6 0.15 0.28 0.39 0.49 0.58 0.65 0.78 0.92 1.33 1.93;
          66.48 37.24 25.78 20.10 16.48 14.09 12.48 9.33 9.336 10.12 14.02;
          0.80 0.82 0.83 0.85 0.86 0.864 0.86 0.85 0.82 0.70 6.19e-5;
          4.71e4 4.62e4 4.56e4 4.54e4 4.52e4 4.54e4 4.56e4 4.73e4 5.05e4 6.34e4 32.8e4]
output1 = [0 70 140 210 280 350 420 490 560 630 700]
nntool
    
```

Figure 3. 4: programme sur MATLAB.

Pour créer un modèle de réseau de neurone on a utilisé la fonction « *nntool* » (*Neural Network Tool*) qui est la fonction consacrée à créer ce type de modèle.

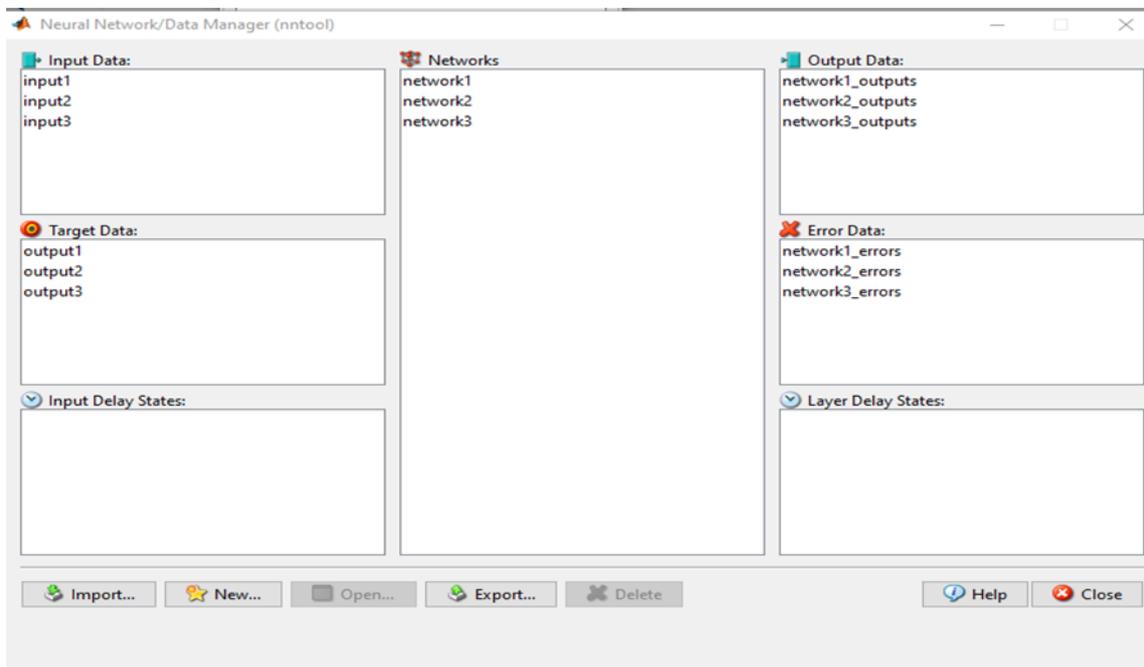


Figure 3. 5: Bloc de réseau de neurone.

On a utilisé le réseau de neurone type *Feed-Forward Propagation* pour savoir la localisation de défaut, cet essai est répétés 10000 fois (itérations) pour assurer la précision des résultats.

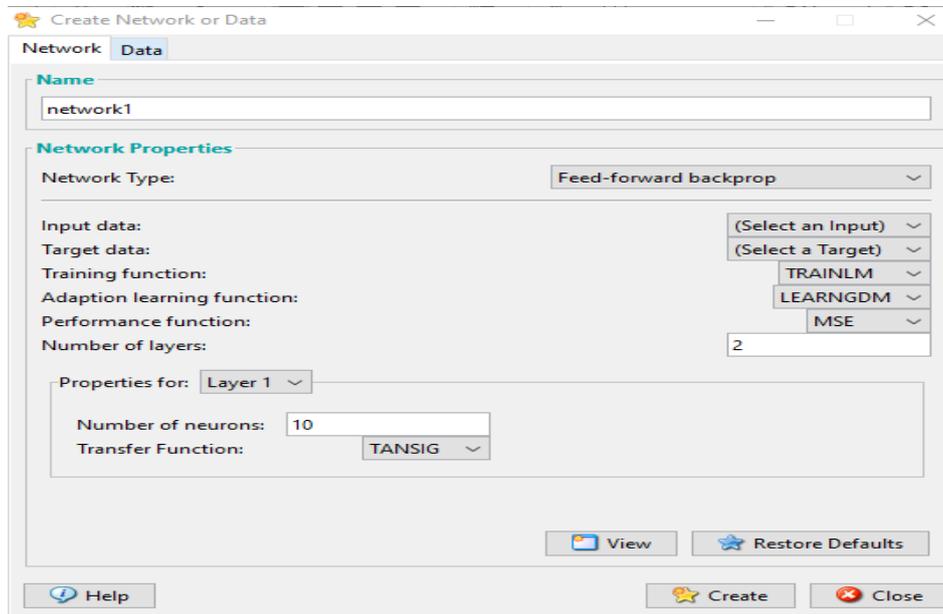


Figure 3. 6: Bloc de création de réseau « Feed Forward »

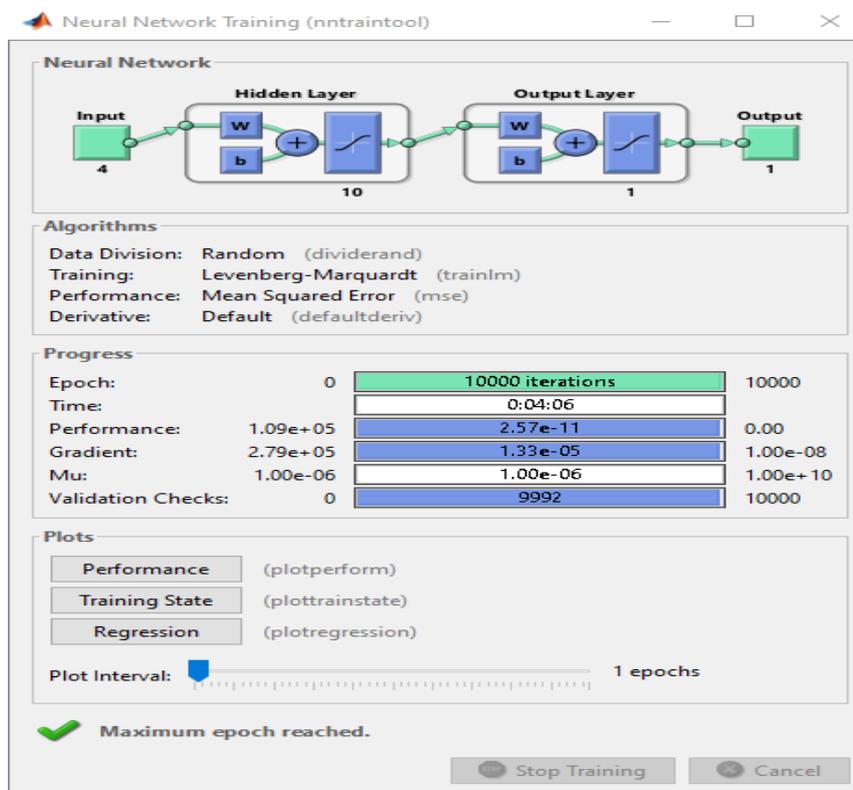


Figure 3. 7: Les opérations de calcul.

3.4 Résultats et discussion

L'utilisation de réseau de neurone type Feed Forward Propagation nous a permet de tirer les résultats résumés dans les tableaux ci-dessous.

3.4.1 Court-circuit triphasé

Le tableau 3.4 représente les résultats de défaut triphasé

Tableau 3. 4: Résultat de défaut triphasé.

JB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distance (km)	0.412	69.999	118.347	202.157	280.000	349.984	419.999	489.999	559.999	629.999	699.998
Type de défaut	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

3.4.2 Court-circuit biphasé

Le tableau 3.5 représente les résultats de défaut biphasé

Tableau 3. 5: Résultat de défaut biphasé.

JB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distance (km)	0.23971	70.081	140.0583	209.9801	266.2389	349.9213	419.9292	489.8812	559.8361	614.5098	700.0
Type de défaut	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

3.4.3 Court-circuit monophasé

Le tableau 3.6 représente les résultats de défaut monophasé

Tableau 3. 6: Résultat de défaut monophasé.

JB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distance (km)	1.138	70.000	140.000	201.401	279.999	356.889	419.999	489.999	559.999	623.795	699.999
Type de défaut	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.5 Comparaison et interprétations

Une comparaison entre les distances qui nous a suggéré et les distances obtenues a été faite, les résultats sont montrés dans les tableaux ci-dessous:

3.5.1 Court-circuit triphasé

Le tableau 3.7 représente la différence entre les résultats de défaut triphasé, on remarque que la différence entre les distances été négligeables pour toutes les valeurs du Jeux de barre sauf pour JB=3 et JB=4.

Tableau 3. 7: La différence entre les résultats de défaut triphasé.

JB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distance (km)	0	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700
Distance de RN (km)	0.412	69.999	118.347	202.157	280.000	349.984	419.999	489.999	559.999	629.999	699.998
Différence (km)	0.412	1.247E-6	21.652	7.842	3.091E-6	0.015	1.16E-5	1.261E-5	1.253E-6	2.245E-5	0.0016

3.5.2 Court-circuit biphasé

Le tableau 3.8 représente la différence entre les résultats de défaut biphasé, on remarque que l'erreur dans les distances été négligeable pour toutes les valeurs du Jeux de barre sauf pour JB=5 et JB=10.

Tableau 3. 8: La différence entre les résultats de défaut biphasé.

JB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distance (km)	0	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700
Distance de RN (km)	0.23971	70.081	140.0583	209.9801	266.2389	349.9213	419.9292	489.8812	559.8361	614.5098	700.0
Différence (km)	0.239	0.081	0.058	0.0198	13.761	0.0787	0.0708	0.1188	0.1639	15.490	2.070E-9

3.5.3 Court-circuit monophasé

Le tableau 3.9 représente la différence entre les résultats de défaut monophasé, la remarque qu'on peut tirer est qu'il y avait quatre valeurs d'erreur qui sont plus au moins importantes et sont les valeurs qui correspondent aux JB=1, JB=4, JB=6 et JB=10.

Tableau 3. 9: La différence entre les résultats de défaut monophasé.

JB	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Distance (km)	0	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700
Distance de RN (km)	1.138	70.000	140.000	201.401	279.999	356.889	419.999	489.999	559.999	623.795	699.999
Différence (km)	1.138	2.195E-8	1.895E-8	8.598	5.002E-8	6.889	9.360E-8	8.52E-8	6.108E-8	6.204	9.523E-6

3.6 Conclusion

Dans ce dernier chapitre dédié aux résultats et discussions, on a tout d'abord défini les réseaux de neurone non bouclés (*Feed-Forward*), on a aussi présenté notre plan de travail.

Ensuite, on a élaboré une simulation d'une ligne de transport à l'aide de logiciel MATLAB où on a créé des défauts pour prévoir tout mal fonctionnement qui peut arriver dans la ligne en vie réelle.

D'après les résultats qu'on a trouvés, on peut conclure que la méthode de RNA est une méthode très fiable pour détecter les défauts dans lignes de transport d'électricité.

**Conclusion Générale
Et Prospectivement**

Conclusion et Prospectivement

Conclusion générale

En conclusion, on a abordé dans cette étude la localisation des défauts dans les réseaux électriques par la méthode de réseau de neurone artificiel, ainsi que l'identification des natures de ces défauts (court-circuit triphasé, biphasé, et monophasé) dans les lignes de transport à très haute tension. Cette identification peut nous aider à résoudre les problèmes affectant la stabilité des réseaux électriques.

Nous avons entamé notre travail, par une présentation de l'architecture et l'exploitation du réseau électrique, avec l'étude des différents types de défauts, leurs origines et leurs impacts sur le fonctionnement du réseau électrique. Afin de préserver le système, il est nécessaire de prendre des mesures de protection appropriées. En effet, pour assurer sa continuité, une étude des différents types de protection a été présentée. Ainsi que les méthodes de détection et localisation de défauts des réseaux HTA, en nous intéressons plus particulièrement à celles des apprentissages supervisés.

En deuxième lieu, on a parlé des deux méthodes de localisation (PMU et RNA) et on les défini profondément en expliquant la procédure de travail de chacune et on a terminé par faire une simple comparaison entre les deux.

Enfin, on a terminé ce mémoire par un troisième chapitre qui contient une simulation à l'aide du logiciel MATLAB des défauts de court-circuit (triphase, biphasé, et monophasé) dans les lignes de transport.

Globalement, on peut dire que ce travail nous a appris qu'il y en a plusieurs méthodes de localisation des défauts et que la méthode de RNA est l'une des méthodes les plus fiables.

Prospectivement

Car l'étude de localisation des défauts dans les lignes de transport est très importante, et car on a étudié dans ce mémoire un seul défaut qui est le court-circuit, nous recommandons au promotions à venir d'étudier autres types de défauts tels que les creux de tension et surtension, ainsi qu'utiliser d'autres méthodes de localisation de ces défauts.

Il est très important aussi d'étudier des défauts qui se passent dans la vie réelle pour vérifier les résultats.

Référence

- [1]. Théodore Wildi, Gilbert Sybille. Electrotechnique. 4eme édition. De Boeck; 2005.
- [2]. Cong Duc Pham, « détection et localisation de défauts dans les réseaux de distribution HTA en présence de génération d'énergie dispersée ».
- [3]. B. de Metz-Noblat, F. Dumas, G. Thomasset, "Calcul des courants de courts circuits", Schneider Electric, Cahier technique No. 158, 2000.
- [4]. Abdellah El Mahjouby, « effet de l'intégration des énergies renouvelables sur les méthodes de locations des défauts dans les réseaux de distribution », université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 14 juin 2016.
- [5]. L. Taleb, S. Ouled Cheikh 'Détection et classification des défauts de court-circuit dans une ligne HT', l'obtention du diplôme master, Département de Génie Electrique, Université Belhadj Bouchaïb'd'ain-temouchent, 2017.
- [6]. Madani Nora, Menai Dahbia, « Etude des protections de réseau électrique THT à sonelgaz. departement electrotechnique », universite mouloud mammeri de Tizi- Tuzou, 2012.
- [7]. S. Bouraghda, A. Boukadoum S. Leulmi, " Détection des Défauts dans les Lignes de Transport par les RNA Utilisant le MATLAB SIMULINK", Department of Electrical Engineering, University of August, 1955.
- [8]. Mohamed Zellagui, « Étude des protections des réseaux électriques MT (30 & 10 kV) », Constantine, Université Mentouri, 2010.
- [9]. BENOZZA Abdellah et BAKHTI Jihad « Etude d'une interconnexion des lignes de transport 500 kV et 220 Kv » Mémoire master, Universite Mohamed Boudiaf, ORAN.
- [10]. M. LAMI, « Protection et Surveillance des Réseaux de Transport d'Énergie Électrique », Volume2, Electricité de France (EDF), février 2003.
- [11]. P. Carrive, « Structure et planification, Réseau de distribution », Techniques de l'ingénieur, traité Génie électrique, 1990.
- [12]. C. CLAUDE & D. PIERRE, « Protection des Réseaux de Transport et de Répartition » Direction de la Production et du Transport d'Electricité (EDF), octobre 2005.
- [13]. Ibrahim Farhat "Fault Detection, Classification and Location in Transmission Line Systems Using Neural Networks" Ph.D. Dissertation mars 2003, Concordia University Montreal, Quebec, Canada.
- [14]. T. Welfonder, « Localisation de défauts monophasés dans les réseaux de distribution à neutre compensé » Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, 1998.
- [15]. M. Clement, P. Millet, L. Perrault, J. Raymongue, « Spécification HN 45-S-51 Réseaux HTA souterrains – Détecteurs de défauts monophasés directionnels et polyphasés non directionnels » Service matériel électrique département CIMA - EDF, 19/1/2001.

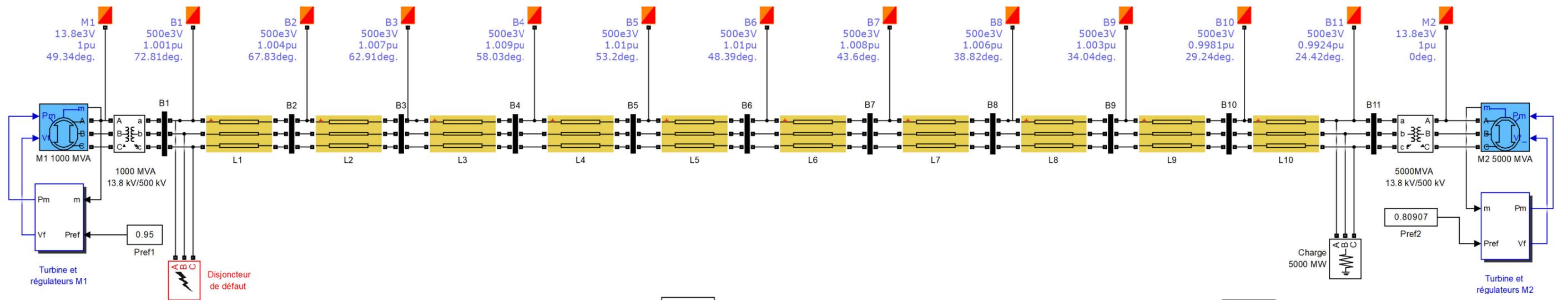
Référence

- [16]. Mille Mahdjane Karima « Détection d'anomalies sur des données biologiques par SVM » Mémoire de Magister 14/10 /2012, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.
- [17]. Site Web https://www.researchgate.net/publication/267041176_introduction_a_La_Logique_Floue consulté le 02/10/2021.
- [18]. Mr. Daaou Yassine, « Classification et Localisation des Défaits dans Les Lignes de Transport à THT en Temps Réel », mémoire Magister 2011, Université Mohamed Boudiaf Oran.
- [19]. D. Ouahdi, R. Ladjeroud, and I. Habi “An approach in the Improvement of the Reliability of Impedance Relay” Proceedings of world academy of science, engineering and technology volume 30 july 2008.
- [20]. A.G. Phadke, “Synchronized Phasor Measurements in Power Systems," IEEE Computer Applications in Power, April 1993.
- [21]. Phadke, Arun G.; Thorp, John Samuel. Synchronized Phasor Measurements and their Applications. New York: Springer, 2008.
- [22]. Laverty, David M, et al. The Open PMU platform for open-source Phasor measurements. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2013, 62.4: 701709.
- [23]. Kirkham (December 2016). "Pure and Applied Metrology". IEEE Instrumentation & Measurement Magazine.
- [24]. Greene, Bradley Kerwin, "Novel Applications for Phasor Measurement Units and Synchrophasor Data. "Master's Thesis, University of Tennessee, 2013.
- [25]. Momoh, James A. 2012. Smart Grid Fundamentals of Design and Analysis (2012).
- [26]. Hussein S, « détection en temps réel de l'instabilité transitoire des réseaux électriques avec les mesures synchronisées de phaseurs », Ecole de Technologie Supérieure Université du Québec, 2017.
- [27]. Al-zahawi, Tara. (2018). “Modified Application of Phasor Measurement Unit in Voltage Monitoring of Power System” 230-234.
- [28]. Bretas, A.S., et A.G. Phadke. 2003. « Artificial neural networks in power system Restoration ». IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, no 4, p. 1181-1186.
- [29]. Haridas, Rohini. (2015). GPS Based Phasor Technology in Electrical Power System. International Journal of Electronics and Electrical Engineering.
- [30]. Claude Touzet. Les Reseaux de Neurones Artificiels, introduction au connexionnisme : cours, exercices et travaux pratiques. Ec2, 1992, collection de l'eerie, n. Giambiasi. Hal-01338010.
- [31]. M. Touafek Mohamed Yaakoub, « Amélioration de la stabilité transitoire des réseaux électriques par un contrôle neuro-flou des systèmes FACTS », mémoire Magister 2012, Université Ferhat Abbas Setif.

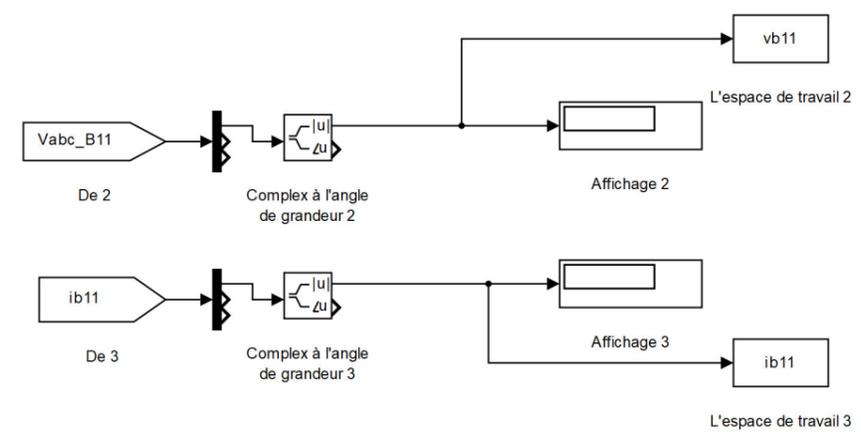
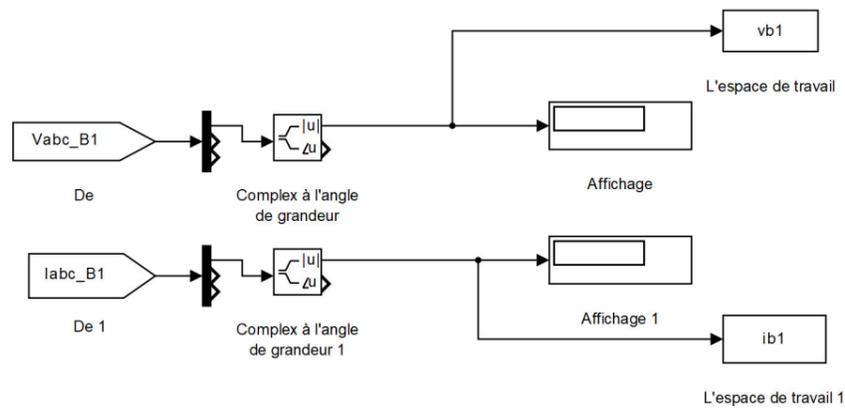
Référence

- [32]. O. Hiroyuki and G. Yukio Pegio, "Recurrent neural network architecture with pre synaptic inhibition for incremental learning", *Neural Networks*, vol. 19, p. 1106–1119, 2006.
- [33]. J. RUDE, "Développement d'un modèle statistique neuronal pour la description fine de la pollution par le dioxyde d'azote : application à la région parisienne," Université Paris XII Thèse de Doctorat, 2008.
- [34]. Mohammad Shahraeini and Mohammad Hossein Javidi, "Wide Area Measurement Systems", Golestan University, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 2012.
- [35]. Chakraborty, A.; Ilić, M.D. Méthodes de contrôle et d'optimisation des réseaux électriques intelligents, 1ère édition ; Ilic, M.D., éd.; Springer : Berlin, Allemagne, 2012.
- [36]. I. Mellal, 'Implémentation d'un réseau de neurones d'un micro capteur sur un FPGA', Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou, 2015.
- [37] G, Dreyfus ; J. M. Martinez ; M. Samuelides M.B .Gordon ; F. Badran ; S .Thiria ; L.Hérault, « Réseaux de neurones : Méthodologie et applications », Edition Eyrolles, 2004.
- [38]. G. Massine, 'Implémentation d'un réseau de neurones dans un microcontrôleur', Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou, 2015.

Annexe



Phasors
powergui



simulation d'un Réseau électrique ' ligne de transport de 700 km '